



## 2.1 地基处理方法

地基即指建筑物基础以下的土体,地基的主要作用是承托建筑物的基础;地基虽不是建筑物本身的一部分,但与建筑物的关系非常密切。地基问题处理恰当与否,不仅影响建筑物的造价,而且直接影响建筑物的安危。

基础直接建造在未经加固的天然土层上时,这种地基称之为天然地基。若天然地基不能满足地基强度和变形的要求,则必须事先要经过人工处理后再建造基础,这种地基加固称为地基处理。

地基加固处理的原理是:将土质由松变实,将水的含水量由高变低,即可达到地基加固的目的。常用的人工地基处理方法有换填法、重锤夯实法、机械碾压法、挤密桩法、深层搅拌法、化学加固法等。

### 2.1.1 换填法

当建筑物的地基土比较软弱、不能满足上部荷载对地基强度和变形的要求时,常采用换填来处理。具体实践中可分几种情况。

**挖:**就是挖去表面的软土层,将基础埋置在承载力较大的基岩或坚硬的土层上,此种方法主要用于软土层不厚、上部结构的荷载不大的情况。

**填:**当软土层很厚,而又需要大面积进行加固处理,则可在原有的软土层上直接回填一定厚度的好土或砂石、矿石等。

**换:**就是将挖与填相结合,即换土垫层法,施工时先将基础下一定范围内的软土挖去,而用人工填筑的垫层作为持力层,按其回填的材料不同可分为砂垫层、碎石垫层、素土垫层、灰土垫层等。

换填法适用于淤泥、淤泥质土、膨胀土、冻胀土、素填土、杂填土及暗沟、暗塘、古井、古墓或拆除旧基础后的坑穴等的地基处理。

换土垫层的处理深度应根据建筑物的要求,由基坑开挖的可能性等因素综合决定,一般多用于上部荷载不大,基础埋深较浅的多层民用建筑的地基处理工程中,开挖深度不超过 3m。

### 2.1.2 夯实地基

#### 1. 重锤夯实地基

重锤夯实是利用起重机械将夯锤提升到一定高度,然后自由落下,重复夯击基土表面,使地基表面形成一层比较密实的硬壳层,从而使地基得到加固。本法使用轻型设备易于解决,施工简便,费用较低。但布点较密,夯击遍数多,施工期相对较长,同时夯击能量小,孔隙水难以消散,加固深度有限,当土的含水量稍高,易夯成橡皮土,处理较困难。适用于地下水位 0.8m 以上、稍湿的粘性土、砂土、饱和度  $S_r \leq 60$  的湿陷性黄土、杂填土以及分层填土地基的加固处理。但当夯击对邻近建筑物有影响,或地下水位高于有效夯实深度时,不宜采用。重锤表面夯实的加固深度一般为 1.2~2.0m。湿陷性黄土地基经重锤表面夯实后,透水性有显著降低,可消除湿陷性,地基土密度增大,强度可提高 30%;对杂填土则可以减少其不均匀性,提高承载力。

大面积基坑或条形基槽内夯实时,应一夯换一夯顺序进行,即第一遍按一夯换一夯进行,在一次循环中间同一夯位应连夯两下,下一循环的夯位,应与前一循环错开 1/2 锤底直径的搭接,如此反复进行,在夯打最后一循环时,可以采用一夯压半夯的打法。在独立柱基夯打时,可采用先周边后中间或先外后里的跳打法。为了使夯锤底面落下时与土接触严密,各次夯迹之间不互相压叠,而是相切或靠近。压叠易使锤底面倾斜,与土接触不严,功能消耗,降低夯实效率。

#### 2. 强夯地基

强夯法是用起重机械(起重机或起重机配三角架、龙门架)将大吨位(一般 8~30t)夯锤起吊到 6~30m 高度后自由落下,给地基土以强大的冲击能量的夯击,使土中出现冲击波和很大的冲击应力,迫使土层孔隙压缩,土体局部液化,在夯击点周围产生裂隙,形成良好的排水通道,孔隙水和气体逸出,使土料重新排列,经时效压密达到固结,从而提高地基承载力,降低其压缩性的一种有效的地基加固方法,也是我国目前最为常用和最经济的深层地基处理方法之一。

强夯法加固特点是:使用工地常备简单设备,施工工艺、操作简单,适用土质范围广。加固效果显著,可取得较高的承载力,一般地基强度可提高 2~5 倍;变形沉降量小,压缩性可降低 2~10 倍,加固影响深度可达 6~10;土粒结合紧密,有较高的结构强度;工效高,施工速度快(一套设备每月可加固 5000~10000m<sup>2</sup> 地基),较换土回填和桩基缩短工期一半;节省加固原材料;施工费用低,节省投资,比换土回填节省 60% 费用;与预制桩加固地基相比可节省投资 50%~70%;与砂桩相比可节省投资 40%~50%,同时耗用劳动力少和现场施工文明等。

### 2.1.3 机械碾压法

适用于大面积的场地平整和路基、堤坝工程,用压路机进行填方压实时,填土厚度不应

超过 25~30cm,碾轮重量先轻后重,碾压方向应从两边逐渐压向中央,每次碾压应有 15~25cm 的重叠,压路机碾压应“薄填、慢驶、多次”。

### 2.1.4 挤密桩地基

#### 1. 灰土桩地基

灰土挤密桩是利用锤击将钢管打入土中侧向挤密成孔,将管拔出后,在桩孔中分层回填 2:8 或 3:7 灰土夯实而成,与桩间土共同组成复合地基以承受上部荷载。

灰土挤密桩与其他地基处理方法比较,有以下特点:灰土挤密桩成桩时为横向挤密,可同样达到所要求加密处理后的最大干密度指标,可消除地基土的湿陷性,提高承载力,降低压缩性;与换土垫层相比,不需大量开挖回填,可节省土方开挖和回填土方工程量,工期可缩短 50%以上;处理深度较大,可达 12~15m;可就地取材,应用廉价材料,降低工程造价 2/3;机具简单,施工方便,工效高。适于加固地下水位以上、天然含水量 12~25%、厚度 5~15m 的新填土、杂填土、湿陷性黄土以及含水率较大的软弱地基。当地基土含水量大于 23% 及其饱和度大于 0.65 时,打管成孔质量不好,且易对邻近已回填的桩体造成破坏,拔管后容易缩颈,遇此情况不宜采用灰土挤密桩。

灰土强度较高,桩身强度大于周围地基土,可以分担较大部分荷载,使桩间土承受的应力减小,而到深度 2~4m 以下则与土桩地基相似。一般情况下,如为了消除地基湿陷性或提高地基的承载力或水稳性,降低压缩性,宜选用灰土桩。

#### 2. 砂石桩地基

砂桩和砂石桩统称砂石桩,是指用振动、冲击或水冲等方式在软弱地基中成孔后,再将砂或砂卵石(或砾石、碎石)挤压入土孔中,形成大直径的砂或砂卵石(碎石)所构成的密实桩体,它是处理软弱地基的一种常用的方法。

这种方法经济、简单且有效。对于松砂地基,可通过挤压、振动等作用,使地基达到密实,从而增加地基承载力,降低孔隙比,减少建筑物沉降,提高砂基抵抗震动液化的能力;用于处理软粘土地基,可起到置换和排水砂井的作用,加速土的固结,形成置换桩与固结后软粘土的复合地基,显著地提高地基抗剪强度;而且,这种桩施工机具常规,操作工艺简单,可节省水泥、钢材,就地使用廉价地方材料,速度快,工程成本低,故应用较为广泛。适用于挤密松散砂土、素填土和杂填土等地基,对建在饱和粘性土地基上主要不以变形控制的工程,也可采用砂石桩作置换处理。

砂石桩成桩工艺有振动成桩法和锤击成桩法两种。如图 2-5 所示。振动法系采用振动沉桩机将带活瓣桩尖的砂石桩同直径的钢管沉下,往桩管内灌砂石后,边振动边缓慢拔出桩管。锤击法是将带有活瓣桩靴或混凝土桩尖的桩管,用锤击沉桩机打入土中,往桩管内灌砂后缓慢拔出,或在拔出过程中低锤击管,或将桩管压下再拔,砂石从桩管内排入桩孔成桩并使密实。

### 3. 夯实水泥土复合地基

夯实水泥土复合地基系用洛阳铲或螺旋钻机成孔,在孔中分层填入水泥、土混合料经夯实成桩,与桩间土共同组成复合地基。

夯实水泥土复合地基,具有提高地基承载力(50~100%),降低压缩性;材料易于解决;施工机具设备、工艺简单,施工方便,工效高,地基处理费用低等优点。适于加固地下水位以上,天然含水量12~23%、厚度10m以内的新填土、杂填土、湿陷性黄土以及含水率较大的软弱土地基。

### 2.1.5 深层密实地基

#### 1. 振冲地基

振冲法,又称振动水冲法,是以起重机吊起振冲器,启动潜水电机带动偏心块,使振动器产生高频振动,同时启动水泵,通过喷嘴喷射高压水流,在边振边冲的共同作用下,将振动器沉到土中的预定深度。经清孔后,从地面向孔内逐段填入碎石,或不加填料,使在振动作用下被挤密实,达到要求的密实度后即可提升振动器。如此重复填料和振密,直至地面,在地基中形成一个大直径的密实桩体与原地基构成复合地基,从而提高地基的承载力,减少沉降和不均匀沉降,是一种快速、经济有效的加固方法。

#### 2. 水泥土搅拌桩地基

水泥土搅拌桩地基系利用水泥作为固化剂,通过深层搅拌机在地基深部,就地将软土和固化剂(浆体或粉体)强制拌和,利用固化剂和软土发生一系列物理、化学反应,使凝结成具有整体性、水稳性好和较高强度的水泥加固体,与天然地基形成复合地基。

深层搅拌法的特点是:在地基加固过程中无振动、无噪音,对环境无污染;对土无侧向挤压,对邻近建筑物影响很小;可按建筑物要求作成柱状、壁状、格栅状和块状等加固形状;可有效地提高地基强度(当水泥掺量为8%和10%时,加固体强度分别为0.24和0.65MPa,而天然软土地基强度仅0.006MPa);同时施工期较短,造价低廉,效益显著。

本法适于加固较深较厚的淤泥、淤泥质土、粉土和含水量较高且地基承载力不大于120kPa的粘性土地基,对超软土效果更为显著。多用于墙下条形基础、大面积堆料厂房地基;在深基开挖时用于防止坑壁及边坡塌滑、坑底隆起等,以及作地下防渗墙等工程。

### 2.1.6 高压喷射注浆地基

旋喷注浆桩地基,简称旋喷桩地基是利用钻机把带有特殊喷嘴的注浆管钻进至土层的预定位置后,用高压脉冲泵,将水泥浆液通过钻杆下端的喷射装置,向四周以高速水平喷入土体,借助流体的冲击力切削土层,使喷射射程内土体遭受破坏,与此同时钻杆一边以一定的速度(20r/min)旋转,一边低速(15~30cm/min)徐徐提升,使土体与水泥浆充分搅拌混合,胶结硬化后即在地基中形成直径比较均匀,具有一定强度(0.5~8.0MPa)的圆柱体(称为旋喷桩),从而使地基得到加固。

适用于淤泥、淤泥质土、粘性土、粉土、砂土、湿陷性黄土、人工填土及碎石土等的地基加固；可用于既有建筑和新建筑的地基处理，深基坑侧壁挡土或挡水，基坑底部加固防止管涌与隆起，坝的加固与防水帷幕等工程。但对含有较多大粒块石、坚硬粘性土、大量植物根基或含过多有机质的土以及地下水流过大、喷射浆液无法在注浆管周围凝聚的情况下，不宜采用。

### 2.1.7 注浆地基

#### 1. 水泥注浆地基

水泥注浆地基是注水泥浆，通过压浆泵、灌浆管均匀地注入土体中，以填充、渗透和挤密等方式，驱走岩石裂隙中或土颗粒间的水分和气体，并填充其位置，硬化后将岩土胶结成一个整体，形成一个强度大、压缩性低、抗渗性高和稳定性良好的新的岩土体，从而使地基得到加固，可防止或减少渗透和不均匀的沉降。

#### 2. 硅化注浆地基

硅化注浆地基系利用硅酸钠(水玻璃)为主剂的混合溶液(或水玻璃水泥浆)，通过注浆管均匀地注入地层，浆液赶走土粒间或岩土裂隙中的水分和空气，并将岩土胶结成一整体，形成强度较大、防水性能好的结石体，从而使地基得到加强，本法亦称硅化注浆法或硅化法。

### 2.1.8 预压地基

#### 1. 砂井堆载预压地基

砂井堆载预压地基系在软弱地基中用钢管打孔，灌砂设置砂井作为竖向排水通道，并在砂井顶部设置砂垫层作为水平排水通道，在砂垫层上部压载以增加土中附加应力，使土体中孔隙水较快地通过砂井和砂垫层排出，从而加速土体固结，使地基得到加固。

砂井堆载预压的特点是：可加速饱和软粘土的排水固结，使沉降及早完成和稳定(下沉速度可加快2.0~2.5倍)，同时可大大提高地基的抗剪强度和承载力，防止基土滑动破坏；而且，施工机具、方法简单，就地取材，不用三材，可缩短施工期限，降低造价。

适用于透水性低的饱和软弱粘性土加固；用于机场跑道、油罐、冷藏库、水池、水工结构、道路、路堤、堤坝、码头、岸坡等工程地基处理。对于泥炭等有机沉积地基则不适用。

#### 2. 袋装砂井堆载预压地基

袋装砂井堆载预压地基，是在普通砂井堆载预压基础上改良和发展的一种方法。普通砂井的施工，存在着以下普遍性问题：(1)砂井成孔方法易使井周围土扰动，使透水性减弱(即涂抹作用)，或使砂井中混入较多泥砂，或难使孔壁直立；(2)砂井不连续或缩井、断颈、错位现象很难完全避免；(3)所用成井设备相对笨重，不便于在很软弱地基上进行大面积施工；(4)砂井采用大截面完全为施工的需要，而从排水要求出发并不需要，造成材料大量浪费；(5)造价相对比较高。而采用袋装砂井则基本解决了大直径砂井堆载预压存在的问题，使砂井的设计和施工更趋合理和科学化，是一种比较理想的竖向排水体系。

适用范围同砂井堆载预压地基。

### 2.1.9 土工合成材料地基

#### 1. 土工织物地基

土工织物地基又称土工聚合物地基、土工合成材料地基,系在软弱地基中或边坡上埋设土工织物作为加筋,使形成弹性复合土体,起到排水、反滤、隔离、加固和补强等方面的作用,以提高土体承载力,减少沉降和增加地基的稳定。

#### 2. 加劲土地基

加劲土地基系由填土和填土中布置一定量的带状筋体(或称拉筋)以及直立的墙面板3部分组成一个整体的复合结构。这种结构内部存在着墙面土压力、拉筋的拉力以及填土与拉筋间的摩擦力等相互作用的内力,并维持互相平衡,从而可保证这个复合结构的内部稳定。同时这一复合体又能抵抗拉筋尾部后面填土所产生的侧压力,使整个复合结构保持稳定。

## 2.2 桩基工程施工

### 2.2.1 桩基分类

#### 1. 按承载性状分类

(1)摩擦型桩:指桩顶荷载全部或主要由桩侧阻力承担的桩。

(2)端承型桩:指桩顶荷载全部或主要由桩端阻力承担的桩。

(3)复合受荷载桩:指承受竖向、水平荷载均较大的桩。

#### 2. 按成桩方法与工艺分类

(1)非挤土桩:如干作业法桩、泥浆护壁法桩、套管护壁法桩、人工挖孔桩;

(2)部分挤土桩:如部分挤土灌注桩,预钻孔打入式预制桩、打入式开口钢管桩,H型钢桩,螺旋成孔桩等;

(3)挤土桩:如套管成孔灌注桩、挤土预制混凝土桩(打入式桩、振入式桩、压入式桩)。

#### 3. 按施工方法分类

(1)预制桩

(2)现场灌注桩

### 2.2.2 打(沉)入式预制桩施工

#### 1. 桩的制作、运输和堆放

##### (1)制作程序

现场制作场地压实、整平→场地地坪作三七灰土或浇筑混凝土→支模→绑扎钢筋骨架、安设吊环→浇筑混凝土→养护至30%强度拆模→支间隔端头模板、刷隔离剂、绑钢筋→浇筑间隔桩混凝土→同法间隔重叠制作第二层桩→养护至70%强度起吊→达100%强度后运输、堆放。

## (2) 制作方法

混凝土预制桩可在工厂或施工现场预制。现场预制多采用工具式木模板或钢模板，支在坚实平整的地坪上，模板应平整牢靠，尺寸准确。用间隔重叠法生产，预制桩钢筋骨架的主筋连接宜采用对焊，同一截面内主筋接头不得超过 50%，桩顶 1 米内不应有接头，钢筋骨架的偏差应符合有关规定。

桩的混凝土强度等级应不低于 C30，浇筑时从桩顶向桩尖进行，应一次浇筑完毕，严禁中断。制作完后应洒水养护不少于 7d，邻桩与上层桩的混凝土须待邻桩或下层桩的混凝土达到设计强度的 30% 以后进行，重叠层数一般不宜超过四层。混凝土空心管桩采用成套钢管模胎在工厂用离心法制成。

## (3) 起吊、运输和堆放

当桩的混凝土达到设计强度标准值的 70% 后方可起吊，吊点应系于设计规定之处，如无吊环，可按图 2-1 所示位置设置吊点起吊。在吊索与桩间应加衬垫，起吊应平稳提升，采取措施保护桩身质量，防止撞击和受震动。桩运输时的强度应达到设计强度标准值的 100%。严禁在现场以直接拖拉桩体方式代替装车运输。

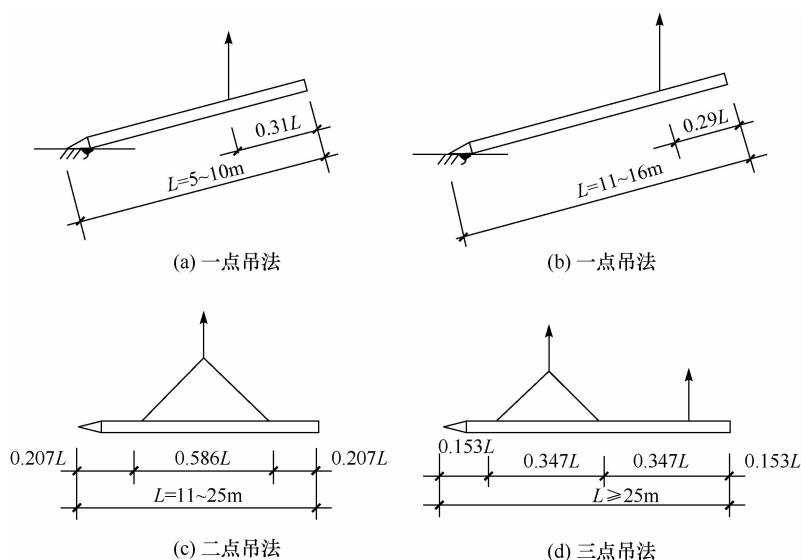


图 2-1 预制桩吊点位置

## 2. 打(沉)桩方法

### (1) 打(沉)桩程序

根据地基土质情况，桩基平面布置，桩的尺寸、密集程度、深度，桩移动方便以及施工现场实际情况等因素确定，当基坑不大时，打桩应逐排打设或从中间开始分头向周边或两边进行。对于密集群桩，自中间向两个方向或向四周对称施打，当一侧毗邻建筑物时，由毗邻建筑物处向另一方向施打。当基坑较大时，应将基坑分为数段，而后在各段范围内分别进行，但打桩应避免自外向内，或从周边向中间进行，以避免中间土体被挤密，桩难以打入，或虽勉强打入，但使邻桩侧移或上冒。

对基础标高不一的桩,宜先深后浅,对不同规格的桩,宜先大后小,先长后短,可使土层挤密均匀,以防止位移或偏斜;在粉质粘土及粘土地区,应避免按着一个方向进行,使土体一边挤压,造成入土深度不一,土体挤密程度不均,导致不均匀沉降。若桩距大于或等于 4 倍桩直径,则与打桩顺序无关。

## (2)打(沉)桩方法

打桩方法有锤击法、振动法及静力压桩法等,以锤击法应用最普遍。打桩用的机具主要有桩锤、桩架和动力装置 3 各部分。打桩时,应用导板夹具,或桩箍将桩嵌固在桩架两导柱中,桩位置及垂直度经校正后,始可将锤连同桩帽压在桩顶,开始沉桩。桩锤、桩帽与桩身中心线要一致,桩顶不平,应用厚纸板垫平或用环氧树脂砂浆补抹平整。

工程在正式打桩前,为了控制和监测打桩过程中的状况,一般先要绘制桩基平面图再进行打桩。

锤击法打(沉)桩施工工艺流程为:测量定位→桩机就位→底桩就位、对中和调直→锤击沉桩→接桩→再锤击→再接桩→打至持力层→收锤。

吊桩就位一般用单点吊将桩吊直,并对中和调直,使桩身、桩帽和桩锤三者的中心线重合,保持桩身垂直,其垂直度偏差不得大于 0.5%,垂直度观测可采用两台经纬仪在离打桩架一定距离外成正交方向进行观测校正。

锤击沉桩宜采取低锤轻击或重锤低打,以有效降低锤击应力,同时特别注意保持底桩垂直,在锤击沉桩的全过程中都应使桩锤,桩帽和桩身的中心线重合,防止桩受到偏心锤打,以免桩受弯受扭。

混凝土预制长桩,受运输条件和打(沉)桩架高度限制,一般分成数节制作,分节打入,在现场接桩。常用接桩方式有焊接、法兰接及硫磺胶泥锚接等几种,如图 2-2 所示。前两种可用于各类土层;硫磺胶泥锚接适用于软土层。

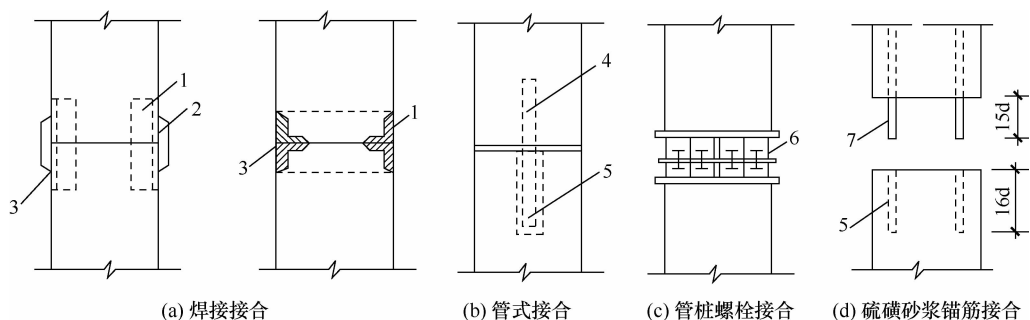


图 2-2 桩的接头型式

1—角钢与主筋焊接;2—钢板;3—焊缝;4—预埋钢管;5—浆锚孔;  
6—预埋法兰;7—预埋锚筋;d—锚栓直径

当桩尖(靴)被打入设计持力层一定深度,符合设计确定的停锤条件时,即可收锤停打,终止锤击的控制条件,称为收锤标准。收锤标准通常以达到的桩端持力层、最后贯入度或最后 1m 深桩桩锤击数为主要控制指标。桩端持力层作为定性控制;最后贯入度或



最后1m沉桩锤击数作为定量控制,均通过试桩或设计确定。一般停止锤击的控制原则是:摩擦桩以设计标高为主,贯入度可作参考;端承桩以贯入度控制为主,桩端标高可作参考。

### 3. 打(沉)桩对周围环境的影响及预防措施

#### (1) 对环境的影响

打(沉)桩由于巨大体积的桩体在冲击作用下于短时间内沉入土中,会对周围环境带来下述危害:

1) 挤土 由于桩体入土后挤压周围土层造成的;

2) 振动 打桩过程中在桩锤冲击下,桩体产生振动,使振动波向四周传播,会给周围的设施造成危害;

3) 超静水压力 土壤中含的水分在桩体挤压下产生很高的压力,此很高压力的水向四周渗透时亦会给周围设施带来危害;

4) 噪声 桩锤对桩体冲击产生的噪声,达到一定分贝时,亦会对周围人民的的生活和工作带来不利影响。

#### (2) 预防措施

为避免和减轻上述打桩产生的危害,可采取下述措施。

1) 限速 即控制单位时间(如1d)打桩的数量,可避免产生严重的挤土和超静水压力。

2) 正确确定打桩顺序 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设。

3) 挖应力释放沟(或防振沟) 在打桩区与被保护对象之间挖沟(深2m左右),此沟可隔断浅层内的振动波,对防振有益。如在沟底再钻孔排土,则可减轻挤土影响和超静水压力。

4) 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。

5) 钻孔植桩打设 在浅层土中钻孔(桩长的1/3左右),可大大减轻浅层挤土影响。

### 2.2.3 静力压桩施工

静压法沉桩是通过静力压桩机的压桩机构,以压桩机自重和桩机上的配重作反力而将预制钢筋混凝土桩分节压入地基土层中成桩。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;施工无噪声、无振动、无污染;沉桩采用全液压夹持桩身向下施加压力,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,正常情况下每台班可完 15 根,比锤击法可缩短工期 1/3;压桩力能自动记录,可预估和验证单桩承载力,施工安全可靠,便于拆装维修,运输等。但存在压桩设备较笨重,要求边桩中心到已有建筑物间距较大,压桩力受一定限制,挤土效应仍然存在等问题,如图 2-3 所示。

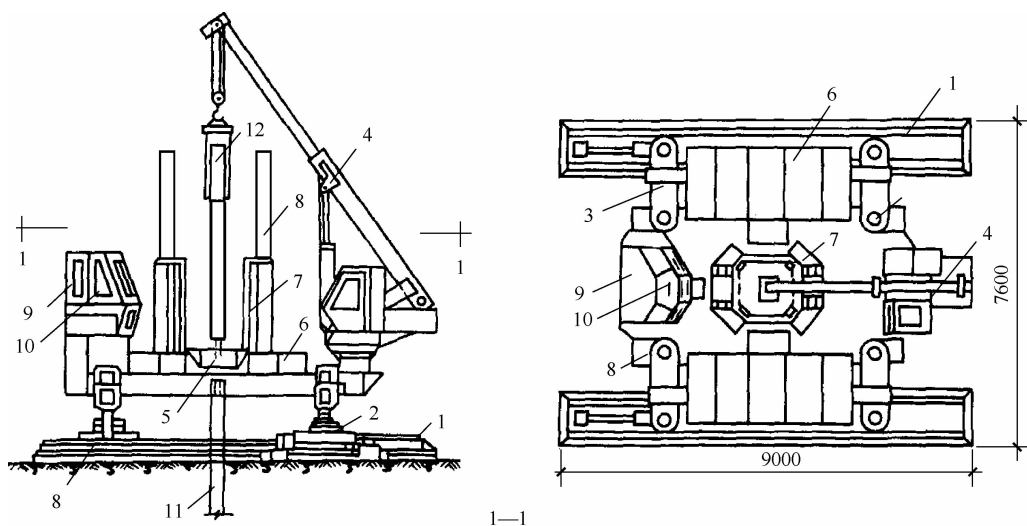


图 2-3 全液压式静力压桩机压桩

- 1—长船行走机构;2—短船行走及回转机构;3—支腿式底盘结构;4—液压起重机;
- 5—夹持与压板装置;6—配重铁块;7—导向架;8—液压系统;9—电控系统;
- 10—操纵室;11—已压入下节桩;12—吊入上节桩

适用于软土、填土及一般粘性土层中应用,特别适合于居民稠密及危房附近环境保护要求严格的地区沉桩;但不宜用于地下有较多孤石、障碍物或有 4m 以上硬隔离层的情况。

国内常用的有 YZY 系列和 ZYJ 系列液压静力压桩机。

静压预制桩的施工,一般都采取分段压入,逐段接长的方法。其施工程序为:测量定位→压桩机就位→吊桩、插桩→桩身对中调直→静压沉桩→接桩→再静压沉桩→送桩→终止压桩→切割桩头。

## 2.2.4 先张预应力管桩施工

### 1. 桩规格与适用条件

先张预应力管桩,简称管桩,系采用先张法预应力工艺和离心成型法,制成的一种空心圆柱体细长混凝土预制构件。主要由圆筒形桩身、端头板和钢套箍等组成,如图 2-4 所示。

管桩按桩身混凝土强度等级分为预应力混凝土管桩(代号 PC 桩)和预应力高强混凝土

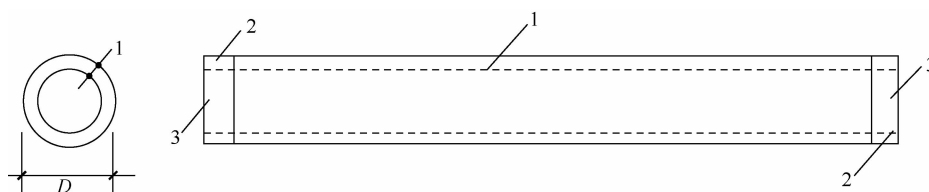


图 2-4 预应力管桩示意

1—桩身；2—钢套箍；3—端头板；D—外径；t—壁厚

管桩(代号 PHC 桩),前者强度等级不低于 C60;后者不低于 C80。PC 桩一般采用常压蒸汽养护,脱模后移入水池再泡水养护,一般要经 28d 才能使用。PHC 桩,一般在成型脱模后,经 10 个大气压、180℃左右高温高压蒸汽养护,从成型到使用的最短时间为 3~4d。

管桩规格按外径分为 300mm、400mm、500mm、550mm、600mm、800mm 和 1000mm 等,壁厚由 60~130mm。每节长一般不超过 15m,常用节长 8~12m,有时也生产长达 25~30m 的管桩。

预应力管桩具有单桩承载力高,桩端承载力可比原状土提高 80~100%;设计选用范围广,单桩承载力可从 600kN 到 4500kN,既适用于多层建筑,也可用于 50 层以下的高层建筑;桩运输吊装方便,接桩快速;桩长度不受施工机械的限制,可任意接长;桩身耐打,穿透力强,抗裂性好,可穿透 5~6m 厚的密实砂夹层;造价低廉,其单位承载力价格仅为钢桩的 1/3~2/3,并节省钢材。但也存在施工机械设备投资大,打桩时振动、噪声和挤土量大等问题。适用于各类工程地质条件为粘性土、粉土、砂土、碎石类土层以及持力层为强风化岩层、密实的砂层(或卵石层)等土层应用,但不适用于石灰岩、含孤石和障碍物多、有坚硬夹层的岩土层中应用。

## 2. 打(沉)桩工艺方法要点

预应力管桩沉桩方法较多,目前国内主要采用锤击法,多采用爆发力强、锤击能量大、工效高的筒式柴油锤沉桩。但这种锤工作时振动和噪声大,有的地区还采用大吨位静压预应力管桩施工工艺,采用 4000~6800kN 静力压桩机,可压  $\phi 500$ 、 $\phi 550$ mm 的管桩到设计持力层;亦有的采用预钻孔后植桩的施工工艺,先用长螺旋钻机引孔,然后用打(压)桩机将管桩打(压)到设计持力层。

### 2.2.5 混凝土灌注桩

#### 1. 冲击钻成孔灌注桩

冲击成孔灌注桩系用冲击式钻机或卷扬机悬吊冲击钻头(又称冲锤)上下往复冲击,将硬质土或岩层破碎成孔,部分碎渣和泥浆挤入孔壁中,大部分成为泥渣,用掏渣筒掏出成孔,然后再灌注混凝土成桩。其特点是:设备构造简单,适用范围广,操作方便,所成孔壁较坚

实、稳定,坍孔少,不受施工场地限制,无噪声和振动影响等。但存在掏泥渣较费工费时,不能连接作业,成孔速度较慢,泥渣污染环境,孔底泥渣难以掏尽,使桩承载力不够稳定等问题。适用于黄土、粘性土或粉质粘土和人工杂填土层中应用,特别适于有孤石的砂砾石层、漂石层、坚硬土层、岩层中使用,对流砂层亦可克服,但对淤泥及淤泥质土,则要十分慎重,对地下水大的土层,会使桩端承载力和摩阻力大幅度降低,不宜使用。

冲击成孔灌注桩施工工艺程序是:场地平整→桩位放线、开挖浆池、浆沟→护筒埋设→钻机就位、孔位校正→冲击造孔、泥浆循环、清除废浆、泥渣→清孔换浆→终孔验收→下钢筋笼和钢导管→灌注水下混凝土→成桩养护。

### 2. 回转钻成孔灌注桩

#### (1) 概念、特点与适用范围

##### 1) 概念

回转钻成孔灌注桩又称正反循环成孔灌注桩,是用一般地质钻机在泥浆护壁条件下,慢速钻进,通过泥浆排渣成孔,成孔后利用水下法灌注混凝土成桩,为国内最为常用和应用范围较广的成桩方法。

##### 2) 特点

可用于各种地质条件,各种大小孔径(300~2000mm)和深度(40~100m),护壁效果好,成孔质量可靠;施工无噪声、无振动、无挤压;机具设备简单,操作方便,费用较低。但成孔速度慢,效率低,用水量大,泥浆排放量大,污染环境,扩孔率较难控制。

##### 3) 适用范围

适用于高层建筑中,地下水位较高的软、硬土层,如淤泥、粘性土、砂土,软质岩等土层应用。

#### (2) 常用设备

主要机具设备为回转钻机,多用转盘式。钻架多用龙门式(高6~9m),钻头常用三翼或四翼式钻头、牙轮合金钻头、或钢粒钻头,以前者使用较多;配套机具有钻杆、卷扬机、泥浆泵(或离心式水泵)、空气压缩机(6~9m<sup>3</sup>/h)、测量仪器以及混凝土配制、钢筋加工系统设备等。

#### (3) 泥浆护壁钻孔灌注桩施工工艺

##### 1) 施工工艺流程

放样定位→埋设护筒(制备护壁泥浆)→钻机就位、对中孔位→钻孔→钢筋笼制作及吊装→下导管→清孔→灌注砼、拔出导管。

##### 2) 施工工艺过程

###### ① 放样定位

首先由测量人员根据控制点放出各桩位,并在桩位中心打一根短钢筋作标记,再根据定出的桩位点,用“十字正交法”(两直线交于一点的原理),在桩位旁边引出桩位点,即可挖坑,

在挖坑的过程,可拔掉标记钢筋,坑挖好后,并将坑底整平,再用“十”字正交法定出桩位,桩位中心重新打上标记钢筋。

### ②埋设护筒

泥浆护壁成孔时,在桩位埋设6~8mm厚钢板护筒,内径比孔口大100~200mm,埋深1~1.5m,其作用是保证钻机沿着垂直方向顺利工作,它还起着存储泥浆,使其高出地下水位和保护桩顶部土层不致因钻杆反复上下升降、机身振动而导致坍孔。护筒采用钢板加工制成。埋设深度一般要大于不稳定地层的深度,粘性土中不小于1.0m;砂土中不宜小于1.5m,高度应满足孔内泥浆面高度要求,一般高出地面或水面400~600mm。护筒位置正确,筒身竖直,四周用粘土回填,分层夯实,防止渗漏。

### ③钻机就位、对中孔位

就位前,先平整场地,铺好枕木并用水平尺校正,保证钻机平稳、牢固。移机就位后应认真调整水平度、垂直度,使转盘中心与桩孔中心在一条垂线上,并在钻进过程中要经常复检、校正。同时挖好水源坑、排泥槽、泥浆池等。

### ④钻孔

#### a. 正循环

正循环施工法是从地面向钻管内注入一定压力的泥浆或高压水,泥浆压送至孔底后,与钻孔产生的泥渣搅拌混合,然后经由钻管与孔壁之间的空腔上升并排出孔外,混有大量泥渣的泥浆水经沉淀、过滤并适当处理后,可重复使用。正循环施工的泥浆上返速度慢,排渣能力弱。正循环具有设备简单,操作方便,费用较低等优点;适用于小直径孔( $C < 0.8\text{m}$ )。

在钻进过程中应均匀缓慢地钻进,根据设计桩长,应不断的加长钻杆。加钻杆时,应先停止钻进,将钻具提离孔底80~100mm,维持冲洗液循环1~2分钟,以清洗孔底,并将管道内的钻渣携出排净,然后停泵加接钻杆,钻杆连接应牢固。钻杆接好后,继续钻进,直到设计桩长,如图2-5所示。

#### b. 反循环

反循环的钻孔施工是通过泵吸或射流抽吸,或送入压缩空气,使钻杆内腔形成负压或形成充气液柱产生压差,使经过钻杆与孔壁间的环空间隙流向孔底的泥浆携带钻头切削下来的钻屑,由钻杆内腔高速回流到地面泥浆池,由于泥浆上返速度快,排渣能力强,孔底水力流场合理,钻头始终处于新鲜土层或岩层面上切削破碎,成孔效率高,排渣能力强,对孔壁的冲刷作用小,在孔壁上形成的泥波相对较薄,成孔质量好。反循环成孔是目前大直径桩成孔的有效的一种施工方法(图2-6)。适用于大直径孔( $\Phi > 0.8\text{m}$ )

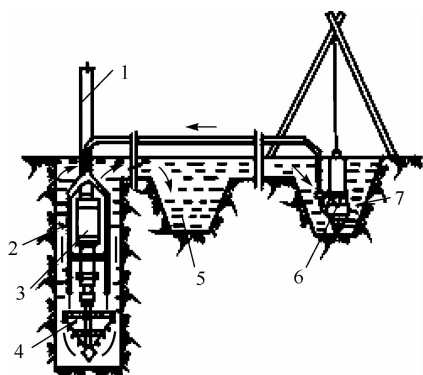


图 2-5 正循环回转钻机成孔

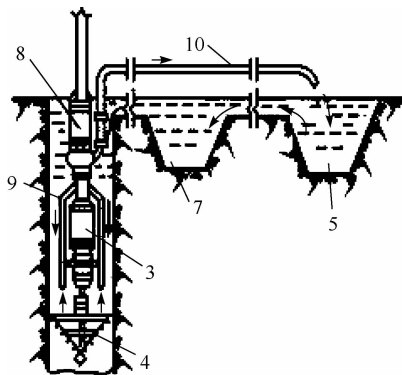


图 2-6 反循环回转钻机成孔

c. 成孔一般多用正循环工艺,但对于孔深大于 30m 端承桩宜用反循环工艺成孔。钻孔时应在孔内注入泥浆,并始终保持泥浆面高于地下水为 1.0 以上,以起到护壁、携渣、润滑钻头、降低钻头温度、减少钻进阻力等作用。钻进时如土质情况良好,可采取清水钻进,自然造浆护壁,或加入红粘土或膨润土泥浆护壁,泥浆密度为  $1.3\text{t}/\text{m}^3$ 。

d. 钻进时应根据土层情况加压,开始应轻压力、慢转速,逐步转入正常,一般土层按钻具自重钢绳加压,不超过 10kN;基岩中钻进为 15~25kN;钻机转速:对合金钻头为 180r/min;钢粒钻头 100r/min。在松软土层中钻进,应根据泥浆补给情况控制钻进速度,在硬土层或岩层中的钻进速度,以钻机不发生跳动为准。

e. 钻进程序:根据场地、桩距和进度情况,可采用单机跳打法(隔一打一或隔二打一)、单机双打(一台机在二个机座上轮流对打)、双机双打(两台钻机在两个机座上轮流按对角线对打)等。

f. 桩孔钻完,应用空气压缩机清孔,可将 30mm 左右石块排出,直至孔内沉渣厚度小于 100mm,清孔后泥浆密度不大于  $1.2\text{t}/\text{m}^3$ 。亦可用泥浆置换方法进行清孔。

### ⑤ 钢筋笼制作及吊装

清孔后测量孔径,然后应用吊车吊放钢筋笼,进行隐蔽工程验收,合格后浇筑水下混凝土。钢筋笼应严格按设计及有关规定制作。

吊起钢筋笼,垂直缓慢地放入孔内,利用上部架立筋将第一段钢筋笼暂时固定在钻机上。然后吊起第二段钢筋笼,对准位置后,将接头用电焊连接。

钢筋笼到位前,为了更好地使主筋锚固在承台中,将主筋弯折成与水平面成  $70^\circ$ ,同时在顶部焊接两根固定钢筋,调整并检测钢筋笼顶部的标高,当符合设计要求后固定在钻机上。

### ⑥ 下导管

钢筋笼安入完毕后,即可下导管,每节导管之间要垫上橡胶片,并用螺栓拧紧,以防因漏气,导致浇筑砼时堵管。浇筑混凝土的导管直径宜为 200~250mm,壁厚不小于 3mm,分节

长度视工艺要求而定,一般由2.0~2.5m,导管与钢筋应保持100mm距离,导管使用前应试拼装,以水压力0.6~1.0MPa进行试压。

### ⑦清孔

清孔分两次进行

a. 第一次清孔:在钻孔深度达到设计要求时,对孔深、孔径、孔的垂直度等进行检查,符合要求后进行第一次清孔;清孔根据设计要求,施工机械采用换浆、抽浆、掏渣等方法进行。以原土造浆的钻孔,清孔可用射水法,同时钻机只钻不进,待泥浆相对密度降到1.1左右即认为清孔合格;如注入制备的泥浆,采用换浆法清孔,置换出的泥浆密度小于1.15~1.25时方为合格。

b. 第二次清孔:钢筋骨架、导管安放完毕,混凝土浇筑之前,进行第二次清孔。第二次清孔根据孔径、孔深、采用工艺等方法进行。

c. 第二次清孔后的沉渣厚度和泥浆性能指标应满足设计要求,一般应满足下列要求;沉渣厚度摩擦桩 $\leq 300\text{mm}$ ,端承桩 $\leq 50\text{mm}$ ,摩擦端承或端承摩擦桩 $\leq 100\text{mm}$ ;泥浆性能指标在浇注混凝土前,孔底500mm以内的相对密度 $\leq 1.25$ ,黏度 $\leq 28\text{s}$ ,含砂率 $\leq 8\%$ 。

d. 不论采用何种清孔方法,在清孔排渣时,必须注意保持孔内水头,防止塌孔。

e. 不应采取加深钻孔深度的方法代替清孔。

清孔结束后,应立即进行水下砼的灌注工作。

### ⑧灌注砼、拔出导管

第二次清孔完毕,检查合格后应立即进行水下混凝土灌注,其时间间隔不宜大于30min。

混凝土开始灌注时,漏斗下的封水塞可采用预制混凝土塞、木塞或充气球胆。开始浇筑水下混凝土时,管底至孔底的距离宜为300~500mm。当漏斗中的砼能保证一次灌入,并能埋管达0.8~1.0m以上时,即可剪断隔水塞铁丝。

初灌后,应连续灌注,不可中断。在砼灌注过程中,如果导管插不下时可拔管,在拔管时应控制埋管深度,保证最小不小于2m,最多不超过6m。

浇注砼过程中,要在一盘砼中随机取出部分混凝土制作试块,以便检测砼的强度。

当砼灌注到桩顶设计标高时,适当控制砼灌注量,桩顶浇注高度不能偏低,应使在凿除泛浆层后,桩顶混凝土要达到强度设计值。

砼灌注结束后,拔出全部导管,一根桩的施工就算完成。

## 3. 振动沉管灌注桩

振动沉管灌注桩系用振动沉桩机将带有活瓣式桩尖或钢筋混凝土桩预制桩靴的桩管(上部开有加料口),利用振动锤产生的垂直定向振动和锤、桩管自重及卷扬机通过钢丝绳施加的拉力,对桩管进行加压,使桩管沉入土中,然后边向桩管内灌注混凝土,边振边拔出桩管,使混凝土留在土中而成桩。其工艺特点是:能适应复杂地层;能用小桩管打出大截面桩

(一般单打法的桩截面比桩管扩大 30%；复打法可扩大 80%；反插法可扩大 50%左右)，使有较高的承载力；对砂土，可减轻或消除地层的地震液化性能；有套管护壁，可防止坍孔、缩孔，桩质量可靠；对附近建筑物的振动影响以及噪声对环境的干扰都比常规打桩机小；能沉能拔，施工速度快，效率高，操作简便，安全，同时费用比较低，比预制桩可降低工程造价 30%左右。但由于振动会使土体受到扰动，会大大降低地基强度，因此，当为软粘土或淤泥及淤泥质土时，土体至少需养护 30d；砂层或硬土层需养护 15d，才能恢复地基强度。适用于在一般粘性土、淤泥、淤泥质土、粉土、湿陷性黄土，稍密及松散的砂土及填土中使用；但在坚硬砂土、碎石土及有硬夹层的土层中，因易损坏桩尖，不宜采用。施工工艺流程如图 2-7 所示。

## 4. 锤击沉管灌注桩

锤击沉管灌注桩系用锤击打桩机(图 2-8)，将带活瓣桩尖或设置钢筋混凝土预制桩尖(靴)的钢管锤击沉入土中，然后边浇注混凝土边用卷扬机拔桩管成桩。其工艺特点是：可用小桩管打较大截面桩，承载力大；可避免坍孔、瓶颈、断桩、移位、脱空等缺陷；可采用普通锤击打桩机施工，机具设备和操作简便，沉桩速度快。但桩机较笨重，劳动强度较大，再要特别注意安全。适于粘性土、淤泥、淤泥质土、稍密的砂土及杂填土层中使用，但不能用于密实的中粗砂、砂砾石、漂石层中使用。施工工艺流程如图 2-9 所示。

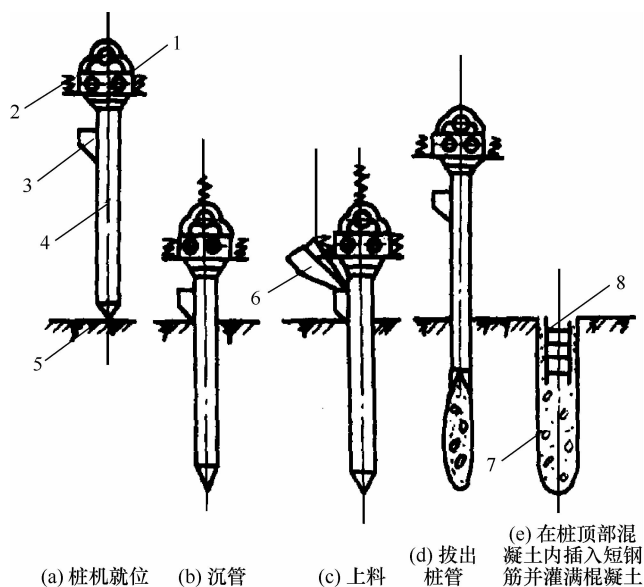


图 2-7 振动沉管灌注桩成桩工艺

1—振动锤；2—加压减振弹簧；3—加料口；4—桩管；  
5—活瓣桩尖；6—上料斗；7—混凝土桩；8—短钢筋骨架

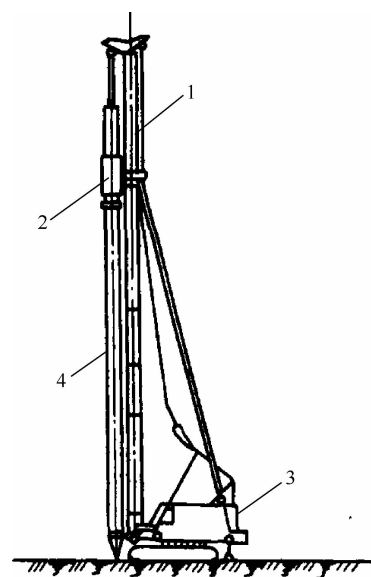


图 2-8 柴油锤击打桩机

1—桩架；2—桩锤；3—履带式起重机；4—桩



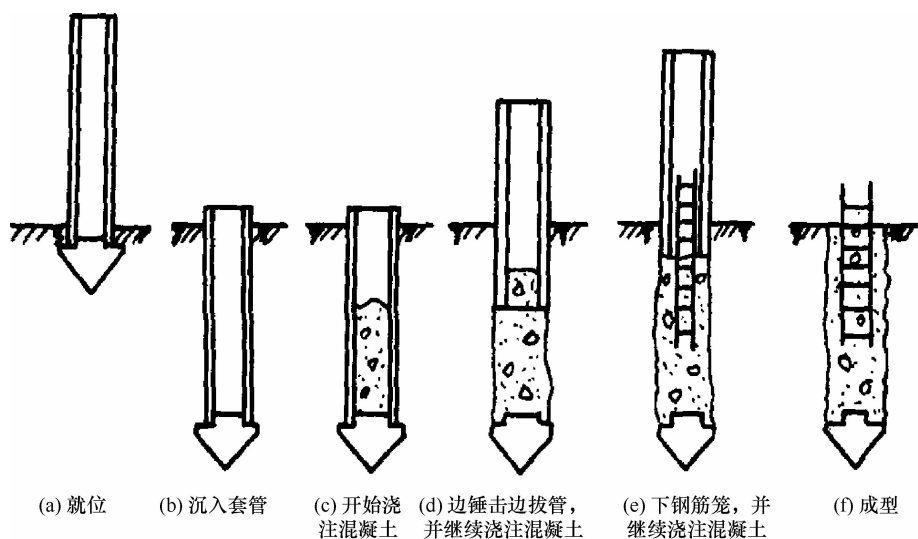


图 2-9 锤击沉管灌注桩成桩工艺

### 5. 套管夯扩灌注桩

夯压成型灌注桩又称夯扩桩,是在普通锤击沉管灌注桩的基础上加以改进发展起来的一种新型桩,由于其扩底作用,增大了桩端支撑面积,能够充分发挥桩端持力层的承载潜力,具有较好的技术经济指标,在国内许多地区得到广泛的应用。特点是:在桩管内增加了一根与外桩管长度基本相同的内夯管,以代替钢筋混凝土预制桩靴,与外管同步打入设计深度,并作为传力杆将桩锤击力传至桩端夯扩成大头形,并且增大了地基的密实度,同时利用内管和桩锤的自重将外管内的现浇桩身混凝土压密成型,使水泥浆压入桩侧土体并挤密桩侧的土,使桩的承载力大幅度提高,同时设备简单,操作方便,可消除一般灌注桩易出现缩颈、裂缝、混凝土不密实、回淤等底病,保证工程质量;而且技术可靠,工艺合理,经济实用,单桩承载力可达 1100kN,工程造价比一般混凝土灌注桩降低 30%~40%。适用于一般粘性土、淤泥、淤泥质土、黄土、硬粘性土;亦可用于有地下水的情况;可在 20 层以下的高层建筑基础上应用。施工工艺流程如图 2-10 所示。

### 6. 人工挖孔和挖孔扩底灌注桩

人工挖孔灌注桩系用人工挖土成孔,浇注混凝土成桩;挖孔扩底灌注桩,系在挖孔灌注桩的基础上,扩大桩底尺寸而成(图 2-11)。这类桩特点是其受力性能可靠,不需大型机具设备,施工操作工艺简单。

挖孔及挖孔扩底灌注桩的特点是:单桩承载力高,结构传力明确,沉降量小,可一柱一桩,不需承台,不需凿桩头;可作支撑、抗滑、锚拉、挡土等用;可直接检查桩直径、垂直度和持力土层情况,桩质量可靠;施工机具设备较简单,多为工地常规机具,施工工艺流程操作简便,占地小;施工无振动、无噪声、无环境污染,对周围建筑物无影响;可多桩同时进行,施工速度

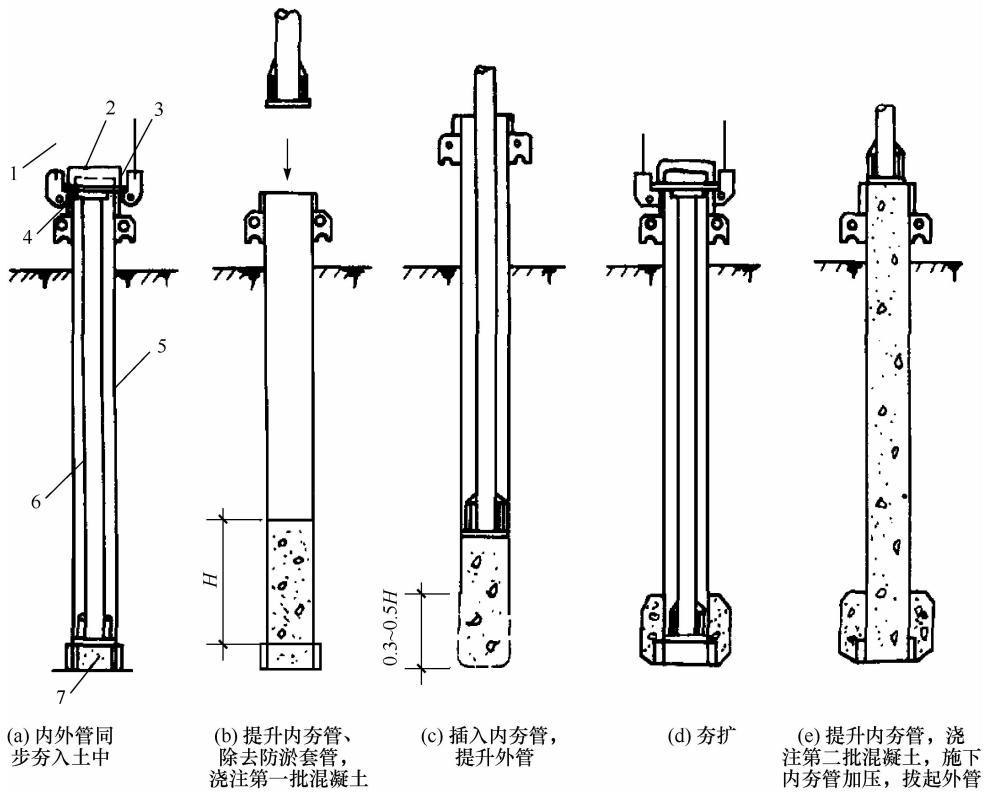


图 2-10 夯扩灌注桩施工工艺流程

1—钢丝绳；2—原有桩帽；3—特制桩帽；4—防淤套管；5—外管；6—内夯管；7—干混凝土

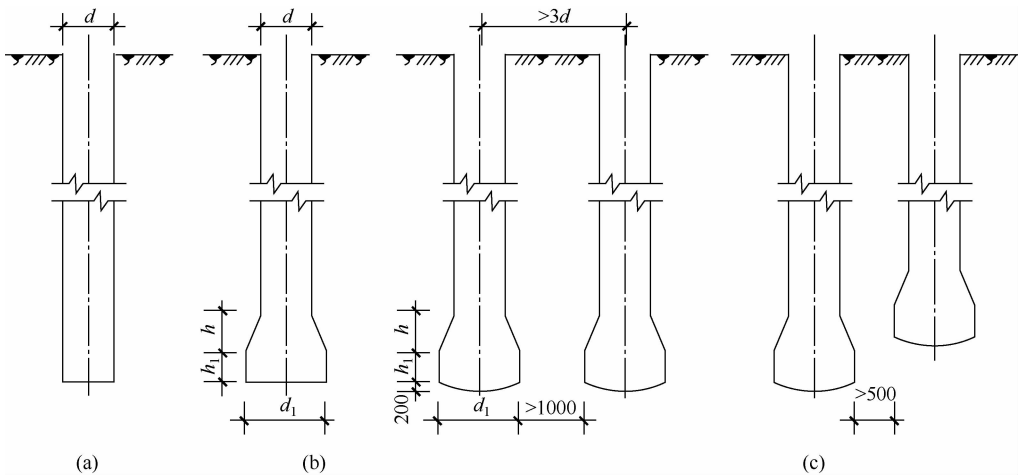


图 2-11 人工挖孔和挖孔扩底灌注桩

快,节省设备费用,降低工程造价;但桩成孔工艺存在劳动强度较大,单桩施工进度较慢,安全性较差等问题,这些问题一般可通过采取技术措施加以克服。

挖孔及挖孔扩底灌注桩适用于桩直径 800mm 以上,无地下水或地下水较少的粘土、粉质粘土,含少量的砂、砂卵石、浆结石的粘土层采用,特别适于黄土层使用,深度一般 20m 左右,可用于高层建筑、公用建筑、水工结构(如泵站、桥墩作支撑、抗滑、挡土、锚拉桩之用)。对有流砂、地下水位较高、涌水量大的冲积地带及近代沉积的含水量高的淤泥、淤泥质土层,不宜采用。

## 2.3 桩的承载力检测

桩的承载能力检验有两类基本方法,一类是静载载荷试验法,另一类为动测法。

### 2.3.1 静载试验法

静载试验的目的,是采用接近于桩的实际工作条件,通过静载加压,确定单桩的极限承载力作为设计依据,或对工程桩的承载力进行抽样检验和评价。桩的静载试验,是模拟实际荷载情况,通过静载加压,得出一系列关系曲线,综合评定确定其容许承载力,它能较好地反映单桩的实际承载力。

预制桩在桩身强度达到设计要求的前提下,对于砂类土,不应少于 7d;对于粉土和粘性土,不应少于 15d;对于淤泥或淤泥质土,不应少于 25d,待桩身与土体的结合基本趋于稳定,才能进行试验。就地灌注桩应在桩身混凝土强度达到设计等级的前提下,对砂类土不少于 10d;对一般粘性土不少于 20d;对淤泥或淤泥质土不少于 30d,才能进行试验。在同一条件下的试桩数量不宜少于总桩数的 1%,且不应少于 3 根,工程总桩数在 50 根以内时不应少于 2 根。

#### 1. 单桩竖向抗压静载试验法

单桩竖向抗压静载试验一般采用油压千斤顶加载,千斤顶的加载反力装置可根据现场实际条件采取下列方法:

##### (1) 锚桩横梁反力装置

由 4 根锚桩、主梁、次梁、油压千斤顶以及测量仪表等组成(图 2-12)。锚桩、反力梁装置能提供的反力应不小于预估最大试验荷载的 1.2~1.5 倍。

##### (2) 压重平台反力装置

由支墩(或垫木)、钢横梁、钢锭、油压千斤顶及测量仪表等组成(图 2-13)。压重量不得少于预估试桩破坏荷载的 1.2 倍;压重应在试验开始前一次加上,并均匀稳固的放置于平台上。

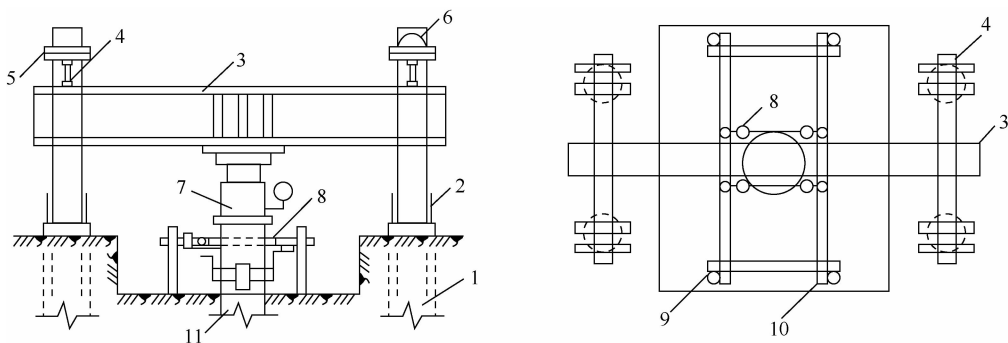


图 2-12 锚桩横梁静载试验装置

- 1—锚桩(4根);2—锚筋;3—主梁(钢横梁或倒置钢桁架);4—次梁;  
 5—厚钢板;6—硬木包钢皮;7—油压千斤顶;8—百分表;9—基准桩;  
 10—基准梁(一端固定,一端可水平移动);11—试验桩

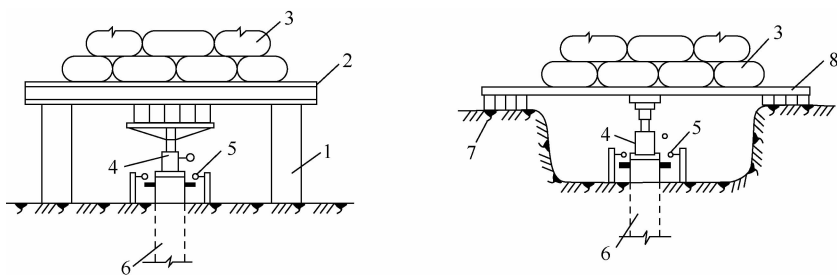


图 2-13 压重平台静载试验装置

- 1—支墩;2—钢横梁;3—钢锭;4—油压千斤顶;  
 5—百分表;6—试验桩;7—垫木;8—钢架或厚钢板

### (3) 锚桩压重联合反力装置

当试桩最大加载量超过锚桩的抗拔能力时,如图 2-12 所示,横梁上放置或悬挂一定重物,由锚桩和重物共同承受千斤顶加压的反力。

## 2. 单桩的静载荷试验要点

### (1) 试验加载方式

采用慢速维持荷载法,即逐级加载,每级荷载达到相对稳定后加下一级荷载,直到试桩破坏,然后分级卸载到零。当考虑结合实际工程桩的荷载特征,可采用多循环加、卸载法(每级荷载达到相对稳定后卸载到零)。当考虑缩短试验时间,对于工程桩的检验性试验,可采用快速维持荷载法,即一般每隔 1h 加一级荷载。

### (2) 荷载分级

试验时加载分级不应小于 8 级,每级荷载值为宜为预估极限荷载的  $1/8 \sim 1/10$ ,第一级的加荷值可按 2 倍分级荷载加荷。

## (3) 测读桩沉降量的间隔时间

在加每级加载后,隔 5、10、15min 各测读一次,以后每隔 15min 测读一次,累计 1h 后每隔 30min 测读一次,每次测读值记入试验记录表。

## (4) 稳定标准

在每级荷载作用下,桩的沉降量在每 1h 内的沉降不超过 0.1mm 时,并连续出现两次(由 1.5h 内连续三次观测值计算),认为已达到相对稳定,可加下一级荷载。

## (5) 终止加荷的条件

1) 当荷载—沉降(Q—S)曲线上有可判定极限承载力的陡降段,且桩顶沉降量超过 40mm。

2)  $\frac{\Delta S_{n+1}}{\Delta S_n} \geq 2$ , 且经 24h 尚未达到稳定。

3) 25m 以上的非嵌岩桩,Q—S 曲线呈缓变型时,桩顶总沉降量大于 60~80mm。

4) 在特殊条件下,可根据具体要求加载至桩顶总沉降量大于 100mm。

式: $\Delta S_n$ ——第 n 级荷载的沉降增量; $\Delta S_{n+1}$ ——第 n+1 级荷载的沉降增量。

## (6) 卸载与卸载沉降观测

每级卸载值为每级加载值的 2 倍。每级卸载后隔 15min 测读一次残余沉降,读两次后,隔 30min 再读一次,即可卸下一级荷载,全部卸载后,隔 3~4h 再读一次,并作好详细记录。

## 2.3.2 动测法

动测法,又称动力无损检测法,是检测桩基承载力及桩身质量的另一种方法。动测法是相对静载试验法而言,它是对桩土体系进行适当的简化处理,建立起数学—力学模型,借助于现代电子技术与量测设备采集桩—土体系在给定的动荷载作用下所产生的振动参数,结合实际桩土条件进行计算,所得结果与相应的静载试验结果进行对比,在积累一定数量的动静试验对比结果的基础上,找出两者之间的某种相关关系,并以此作为标准来确定桩基承载力。另外,可应用波动理论,根据波在混凝土介质内的传播速度,传播时间和反射情况,用来检验、判定桩身是否存在断裂、夹层、颈缩、空洞等质量缺陷。

一般静载试验可直观地反映桩的承载力和混凝土的浇筑质量,数据可靠。但试验装置复杂笨重,装、卸、操作费工费时,成本高,测试数量有限,并且易破坏桩基。动测法试验,则仪器轻便灵活,检测快速;单桩试验时间,仅为静载试验的 1/50 左右;可大大缩短试验时间;数量多,不破坏桩基,相对也较准确,可进行普查;费用低,单桩测试费约为静载试验的 1/30 左右,可节省静载试验锚桩、堆载、设备运输、吊装焊接等大量人力、物力。

### ◀ 本章小结 ▶

本章主要介绍地基处理方法、桩基工程施工、桩的检测等内容。准确控制各种影响桩基

施工质量的因素是本项目教学的重点。通过本部分的学习,理解各种形式桩的施工工艺,掌握各种桩基施工质量控制方法。

### ◀ 思考题 ▶

1. 预制桩的起吊如何设置?
2. 预制桩的打桩顺序?
3. 接桩的方法有哪些?
4. 沉桩的方法有几种? 各有什么特点? 分别适用于何种情况?
5. 如何控制打桩的停止?
6. 预制桩和灌注桩的特点和各自的适用范围是什么?
7. 灌注桩的成孔方法有哪几种? 各种方法的特点及适用范围如何?
8. 湿作业成孔灌注桩中,钢套筒和泥浆有何作用?
9. 简述人工挖孔灌注桩的施工工艺及主要注意事项。
10. 试述沉管灌注桩的施工工艺。