

钻孔咬合桩施工监理

6.1 咬合桩概述

钻孔咬合桩是采用套管钻机钻孔，桩与桩之间相互咬合排列的一种基坑围护结构。它既可全部采用钢筋混凝土桩，也可采用素混凝土桩与钢筋混凝土桩相隔布置。本工程采用第二种桩型，其中 A 桩配圆形钢筋笼，B 桩为素混凝土桩。

本工艺作为围护结构可在粘性土、粉土、淤泥、流砂、地下水富集等不良条件地层中应用，尤其适用于工期紧、造价低、防水要求高、围护强度要求大、施工场地小、地处市区生活区的围护工程。

1999 年深圳地铁一期工程基坑支护设计首次采用钻孔咬合桩，取得了成功，随后该工法在南京、上海、天津、杭州、香港等城市地铁建设中得到了成功应用。

钻孔咬合桩具有如下特点：

- 1) 成孔精度可以得到有效控制，由于套管压入地层是靠主机液压油缸行程进行完成的，可以边压入边纠偏，进行全过程的垂直精度控制；
- 2) 成孔精度检测在管内进行变得更为方便、易控制且有直观感；
- 3) 冲抓斗在管内取土，无须排放泥浆，机械设备噪声低、振动小，大大减少工程施工时对环境的污染；
- 4) 沉降及变形容容易控制，能紧邻相近的建筑物和地下管线施工；
- 5) 能有效地防止孔内流砂，涌泥，成桩质量高；
- 6) 全套管的护孔方式使第二序次施工的桩在已有的第一序次的两桩间实施切割咬合，能保证桩间紧密咬合，形成良好地整体连续结构。

6.2 施工工艺及操作要点

施工时先间隔施工 B 桩（超缓凝素砼），在 B 桩混凝土初凝前，用液压套管

钻机切割 B 桩与 A 桩相交部分桩体，后施工 A 桩（有筋）。要求必须在 B 桩砼初凝之前完成 A 桩的施工。详见图 6.1、6.2。

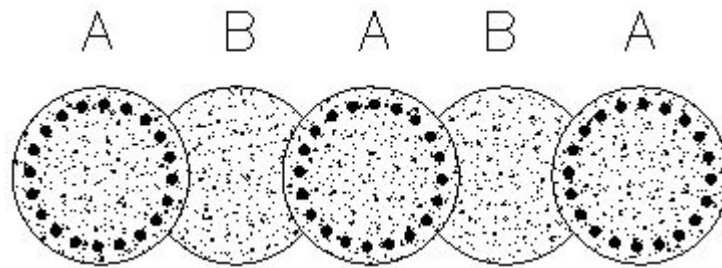


图 1 钻孔咬合桩示意图

1、施工工艺

1) 导墙的施工

为了提高钻孔咬合桩孔口的定位精度并提高就位效率，需要在桩顶部施作混凝土或钢筋混凝土导墙，具体步骤：

- ① 平整场地：清除地表杂物，填平碾压地面管线迁移的沟槽。
- ② 测放桩位

为抵消咬合桩在基坑开挖时在外侧土压力作用下向内位移和变形而造成的基坑结构净空减小变化，需要根据设计图纸提供的坐标按外放 $H/50$ ，采用全站仪根据地面导线控制点进行实地放样，并做好护桩，作为导墙施工的控制中线。

- ③ 开挖导墙沟槽

在桩位放样线符合要求后即可进行沟槽的开挖，采用人工开挖施工。开挖结束后，立即将中心线引入沟槽下，以控制底模及模板施工，确保导墙中心线的正确无误。

- ④ 钢筋绑扎：沟槽开挖结束后绑扎导墙钢筋，经验收合格后方可进行下道

工序施工。

⑤ 模板施工：导墙预留定位孔模板直径为套管直径扩大 2cm。模板加固采用钢管支撑，支撑间距不大于 1m，确保加固牢固，严防跑模，并保证轴线和净空的准确。混凝土浇注前先检查模板的垂直度、中线以及净距是否符合要求，经“三检”合格后报甲方、监理通过方可进行混凝土浇注。

⑥ 混凝土浇注：浇注时两边对称交替进行，严防走模。振捣采用插入式振捣器，振捣间距为 600mm 左右，防止振捣不均。

2) 单桩施工

① 钻机就位

待导墙有足够的强度后，拆除模板，重新定位放样排桩中心位置，将点位反到导墙顶面上，作为钻机定位控制点。移动套管钻机至正确位置，使套管钻机抱管器中心对应定位在导墙孔位中心。

② 取土成孔

在桩机就位后，吊装第一节管在桩机钳口中，找正桩管垂直度后，磨桩下压桩管，压入深度约为 2.5~1.5m，然后用抓斗从套管内取土，一边抓土一边继续下压套管，始终保持套管底口超前于开挖面的深度 $\leq 2.5\text{m}$ 。第一节套管全部压入土中后（地面上要留 1.2~1.5m，以便于接管）。检测垂直度，如不合格则进行纠偏调整，如合格则安装第二节套管继续下压取土，如此继续，直至达到设计孔底标高。

3) 吊放钢筋笼：成孔检测合格后进行安放钢筋笼工作，安装钢筋笼时应采取有效措施保证钢筋笼标高。

4) 灌注混凝土：需采用水下混凝土灌注法施工

5) 拔管成桩：一边浇注混凝土一边拔管，应注意始终保持套管底低于混凝土面 $\leq 2.5\text{m}$ 。

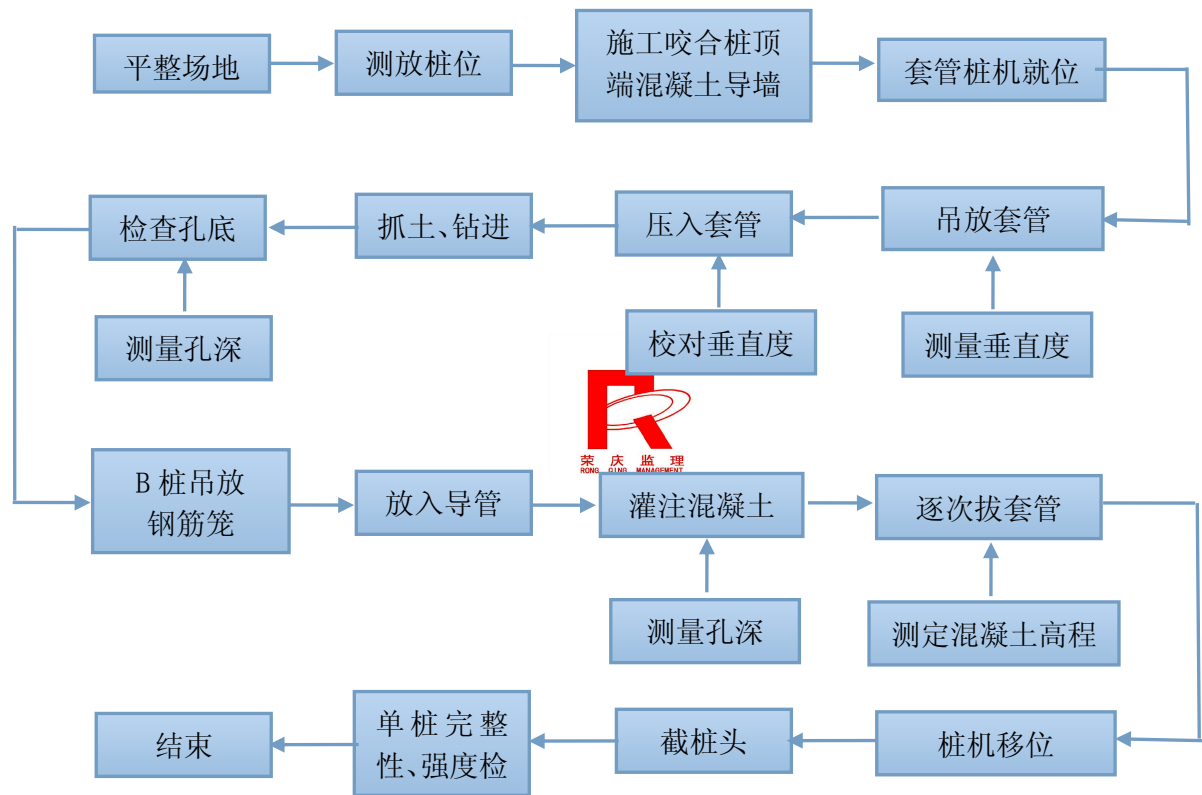


图 2 单桩施工工艺流程图

2、操作要点

1) 超缓凝混凝土配制

超缓凝混凝土是钻孔咬合桩施工工艺所需的特殊材料，这种混凝土主要用于 B 桩，其作用是延长 B 桩混凝土的初凝时间，以达到其相邻 A 桩的成孔能够在 B 桩混凝土初凝之前完成，这样便给套管钻机切割 B 桩混凝土创造了条件。

超缓凝混凝土配制是钻孔咬合桩施工工艺成败的关键。为了满足钻孔咬合桩的施工工艺的需要，超缓凝混凝土必须明确以下技术参数：

① B 桩混凝土缓凝时间

可根据下式计算 A 桩混凝土的缓凝时间：

$$T=3t + K$$

式中：T——B 桩混凝土的缓凝时间（初凝时间）；

K——储备时间，一般取 1.0t；

t——单桩成桩所需时间，应根据工程具体情况和所选钻机的类型在现场作成桩试验来测定，试验结果 t 取上限值。

也可按表 6-1 取值，本工程 B 桩长 25.7m，可取 60h。

② 混凝土坍落度确定原则：

a.水下混凝土灌注的需要；

b.满足防止“管涌”措施的需要；



c.为防止“管涌”，混凝土坍落度随时间 t 的损失曲线应尽量陡一些，即 d 损失的快一些。

③ 混凝土的 3d 强度值

需要使混凝土的三天强度值小于一定数值，这样在施工过程中若遇到意外情况（如设备故障等）拖延了时间，以致于在 B 桩混凝土终凝后才施工 A 桩，这时由于混凝土早期强度不高，使 B 桩咬合部分混凝土方便处理。

④ 最终强度要满足设计要求。

表 1 B 桩混凝土缓凝时间取值

桩长 (m)	≤10	10~20	20~35	35~50
缓凝时间 (h)	30	45	60	72

2) 混凝土灌注

① 在钢筋笼吊装合格后，安装导管。导管应采用直径不小于 250mm 的管

节组成，接头应具备装卸方便，连接牢固，并带有密封圈，保证不漏水不透水。导管的支承应保证在需要减慢或停止混凝土流动时使导管能迅速升降。

② 安放混凝土漏斗与隔水橡皮球胆，并将导管提离孔底 0.5m。混凝土初灌量必须保证能埋住导管 0.8~1.3m。

③ 灌注过程中，导管埋入深度宜保持在 3~9m 之间，最小埋入深度不得小于 2m。浇灌混凝土时随浇随提，严禁将导管提出混凝土面或埋入过深，一次提拔不得超过 6m。

④ 混凝土浇灌中应防止钢筋笼上浮，在混凝土面接近钢筋笼底端时灌注速度应适当放慢，当混凝土进入钢筋笼底端 1~2m 后，可适当提升导管，导管提升要平稳，避免出料冲击过大或钩带钢筋笼。

⑤ 每车混凝土在使用前由试验室检测其坍落度及观感质量是否符合要求，坍落度超标或观感质量太差的禁止使用。

⑥ 每车混凝土均取一组试件，监测其缓凝时间及坍落度损失情况，直至该桩两侧的 A 桩全部完成为止。如发现问题及时反馈信息，以便采取应急措施。

3) 排桩

施工原则是先施工 B 桩，后施工 A 桩，其施工工艺流程是：B1—B2—A1—B3—A2—B4—A3，如图 6.3 所示。

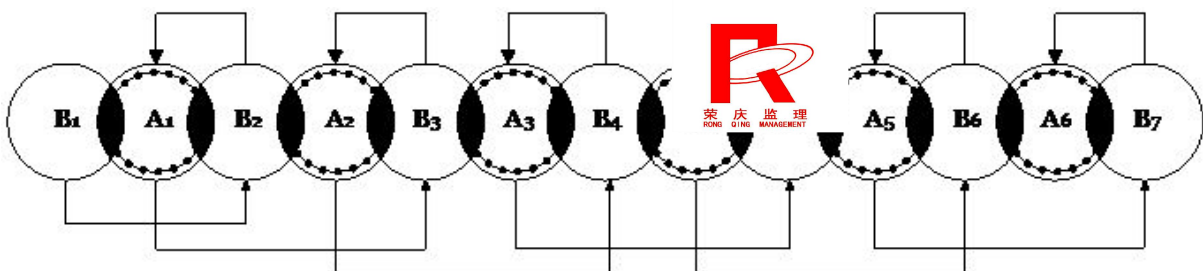


图 3 施工顺序图

4) 管涌控制

在切割两侧 B 桩成孔过程中，由于 B 桩混凝土尚未凝固，还处于流塑状态，因此 B 桩混凝土可能从 A、B 桩相交处涌入 A 桩孔内，这种现象称为“混凝土管涌”。可以采取了以下措施防止“混凝土管涌”的发生：

- ① 控制 B 桩混凝土的坍落度，以降低混凝土的流动性；
- ② 加大 A 桩套管下沉深度，A 桩套管埋深应始终超前开挖面 2.5 m 以上，终挖时 A 桩套管至少超过孔深 1.5 m 以上；
- ③ 采取压水措施，即向 A 桩套管内注入一定量的水，使其保持一定的反压力来平衡 B 桩混凝土的压力；
- ④ A 桩成孔过程中应注意观察相邻两侧 B 桩混凝土顶面，如发现 B 桩混凝土下陷应立即停止桩的开挖，并一边将 A 桩套管尽量下压，一边向 A 桩内填土或注水，直到完全制止住“管涌”。

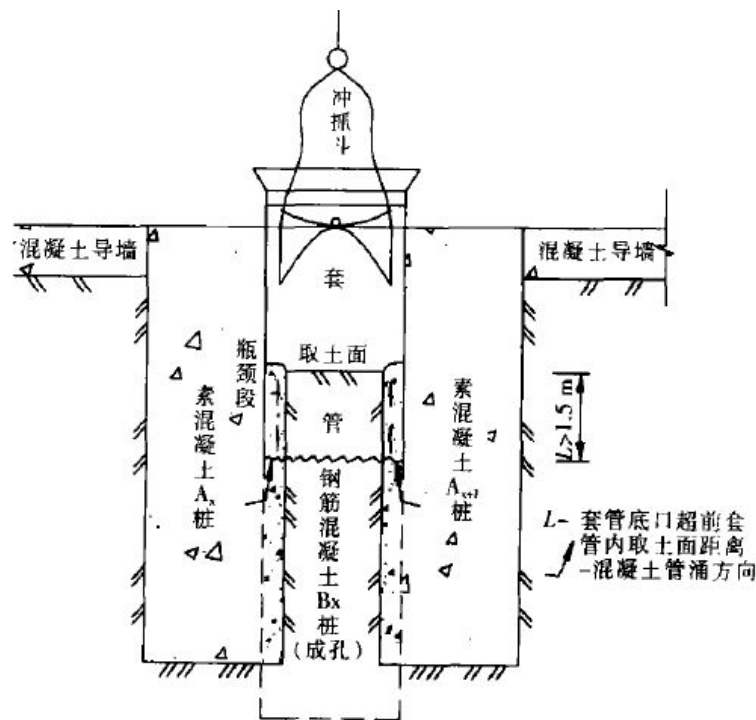


图 4 A 桩管涌示意图

5) 咬合桩桩位控制

孔口定位偏差控制一般是利用定位导墙精确安放第一节套管来控制孔口成孔精度，导墙上定位孔的直径一般比桩径大 20 mm~40 mm。桩机就位后，将第一节套管插入定位孔并检查调整，孔口定位误差控制在 ± 10 mm。

为保证咬合桩底部有足够厚度的咬合量，除对其孔口定位误差严格控制外，孔过程中需要对套管的顺直度和桩的垂直度进行监测和检查，套管顺直度偏差一般控制在 0.1%~0.2%，桩的垂直度标准为 3%，如发现垂直度偏差过大，必须及时进行纠偏，纠偏的常用方法有以下 3 种：

① 利用钻机油缸进行纠偏，如果偏差不大、套管入土不深（5m 以下），可直接利用钻机的两个升油缸和两个推拉油缸调节套管的垂直度，即可达纠偏的目的；

② B 桩纠偏：如果 B 桩在入土 5m 以下发生大偏移，可先利用钻机油缸直接纠偏，如达不到要求，可回套管内填砂或粘土，一边填土一边拔起套管，直至将套管提升到上一次检查合格的地方，然后调直套管，检查其垂直度合格后再重新下压；

③ A 桩的纠偏：A 桩的纠偏方法与 B 桩基本相同，其不同之处是不能向套管内填土而应填入与 A 桩相同的混凝土，否则有可能在桩间留下土夹层，从而影响成桩质量。

6) 分段施工节点连接控制

节点连接一般采用砂桩过渡的方法，即在先施工桩的端头设置一个砂桩（成孔后用砂灌满，见图 6.5，即在相邻的 B 桩预留出咬合口，待后施工段到此节点时在砂桩桩位重新成孔，挖出砂并灌上混凝土即可。

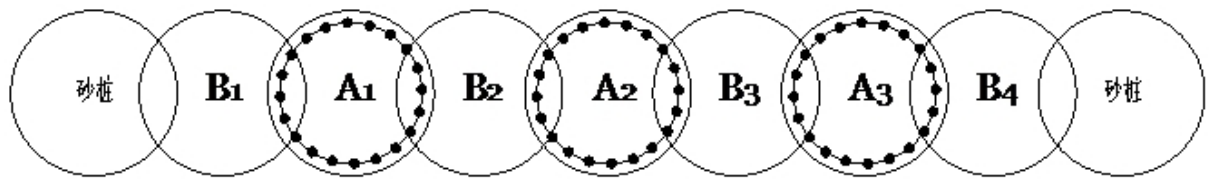


图 5 分段施工接头预设砂桩示意图



7) 振动防液化措施

软土地区粉砂地层受振动后极易液化，在咬合桩施工过程中由于冲抓下落的振动，容易引起套管周围的地层液化，若套管分节间的密封不好，套管周围砂土将涌入管内，进而形成漏斗，造成地表沉陷。其处理措施有：

①在套管间加设密封圈，并定期检查连接螺栓性能，确保套管分节间的密封效果；

②严格控制冲抓自由下落的高度在 15 m 以内。

8) 咬合桩的变形监测

本基坑施工中监测应包括围护结构水平位移、支撑轴力、地表和周围建筑物沉降等内容，其中最具有直接检验效果的是围护结构的侧向位移，应设置足够的监测点。

6.3 单桩质量检测

1) 桩身完整性检测

桩身完整性的检测方法主要有：钻孔取芯法、埋管式声波透射法和高低应变动力检测法，由于钻孔咬合桩的特性使得其单桩的桩身完整性检测方法只能选择钻孔取芯法。根据《建筑基桩检测技术规范》规定，钻孔取芯法的抽检数量不应少于总桩数的 20%，且不得少于 10 根。本工程有 918 根咬合桩，所以至少应检

测 184 根。

◆ 钻孔取芯

① 钻孔设备：咬合桩的钻孔取芯检测可以采用金刚石钻头钻进的液压钻机；

② 桩头处理：为准确确定桩的中心点，桩头需裸露，同时需把桩头的浮浆凿除；

③ 钻孔施做：本工程钻孔咬合桩的直径为 1000mm，一根桩只需取 1 孔，取孔部位在距桩心 10~15cm 的位置，与导管中心位置稍微错开，因为导管附近的混凝土质量相对较差不具代表性，同时也与第二个孔的位置错开。钻芯采用清水钻进，钻头压力根据混凝土芯样的强度与胶结好坏而定，一般情况初压力为 0.2MPa，正常压力为 1MPa，每回次进尺宜控制在 1.5m 以内；

④ 芯样试件截取：根据《建筑基桩检测技术规范》的要求，桩长在 10~30m 时，每孔截取 3 组芯样，上部芯样位置距桩顶涉及标高不宜大于 1 倍桩径或 1m，下部芯样位置距桩底不宜大于 1 倍桩径或 1m，中间芯样宜等间距截取。为防止桩底涌水，一般钻孔至桩底 20~30cm 处。钻孔取芯完成后，应采用 0.5~1.0MPa 压力，从钻芯孔孔底往上用水泥浆回灌封闭；

⑤ 芯样试件试压：芯样试件经加工和尺寸测量后，选择无蜂窝麻面、无裂缝、无空洞等较大缺陷的芯样进行抗压强度试验。

2) 桩身完整性判定

钻芯法检测对桩身完整性的判定是针对现场混凝土芯样质量，即现场芯样特征描述。**根据芯样特征判定桩身完整性分为四类：**I 类指桩身完整的桩；II 类指存在不影响桩身结构承载力正常发挥的轻微缺陷的桩；III 类指存在影响桩身结构

承载力正常发挥的明显缺陷的桩；IV类指存在严重影响桩身结构承载力正常发挥的严重缺陷的桩。具体判定标准见表1所示。

当出现下列情况之一时，应判定该受检桩不满足设计要求：桩身完整性类别为IV类的桩；受检桩混凝土芯样抗压强度代表值小于混凝土设计强度等级的桩；桩长、桩底沉渣厚度不满足设计或规范要求的桩。

表 6-2 缺陷桩的判定标准

类别	特征
I	混凝土芯样连续、完整、表面光滑，胶结好，骨料分布基本均匀，呈长柱桩，断口吻合，芯样侧面仅见少量气孔。
II	混凝土芯样连续、完整，胶结较好，骨料分布均匀，呈柱桩，断口基本吻合，芯样侧面局部见蜂窝麻面、沟槽。
III	大部分混凝土芯样胶结较好，无松散、夹泥或分层现象，但有下列情况之一：芯样局部破碎且碎裂长度不大于 10cm；骨料分布不均匀；芯样多呈短柱状或块状；芯样侧面蜂窝麻面、沟槽连续。
IV	钻进很困难；芯样任一段松散、夹泥或分层；芯样局部破碎且长度大于 10cm。

6.4 事故桩处理方法

事故桩的处理方法主要分以下几种：

1) 平移桩位单侧咬合

若 A₁ 桩切割咬合施工时，B₁ 桩的混凝土已经凝固，使钻机不能按正常施工条件切割咬合 B₁、B₂ 桩完成 A₁ 桩。在这种情况下，宜向 B₂ 桩方向平移 A₁ 桩桩位，使钻机单侧切割 B₂ 桩，并在 B₁ 与 A₁ 桩外侧另增加一根旋喷桩作为防水处理。

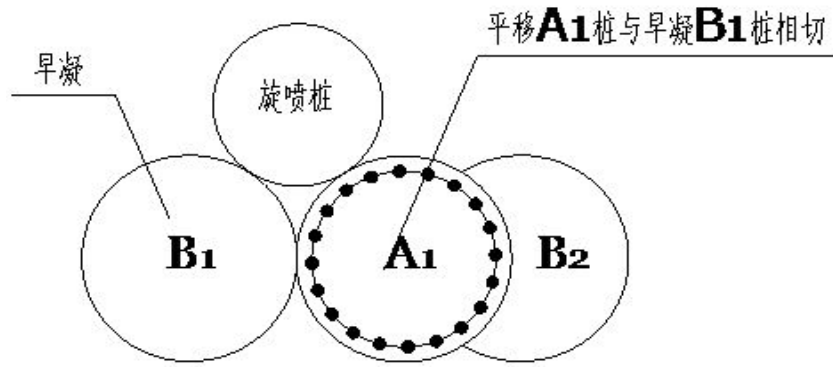


图 6 平移桩位单侧咬合示意图

2) 背桩补强

A_1 桩成孔施工时，其两侧的 B_1 、 B_2 桩混凝土均已凝固，则放弃 A_1 桩的施工，调整桩序继续后面咬合桩的施工，以后在 A_1 桩的外侧增加一根咬合桩及两根旋喷桩作为补强、防水处理。

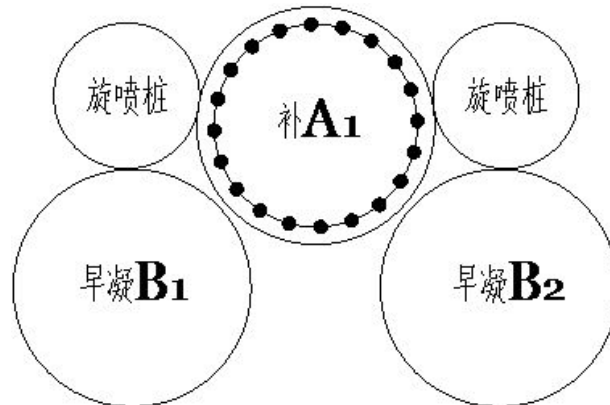


图 7 背桩补强示意图

3) 预留咬合企口

在 A_1 桩成孔施工中发现 B_1 桩混凝土已有早凝倾向但还未完全凝固时，如继续按正常顺序施工则会造成更多的事后桩，此时应当及时在 B_1 桩右侧施工一砂桩，以预留出咬合企口，待调整完成后再继续后面桩的施工。

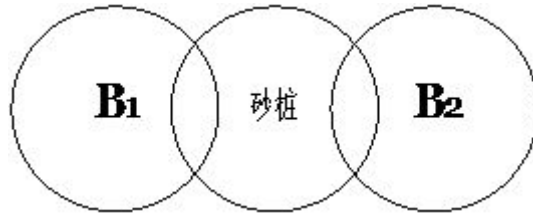


图 8 预留企口示意图

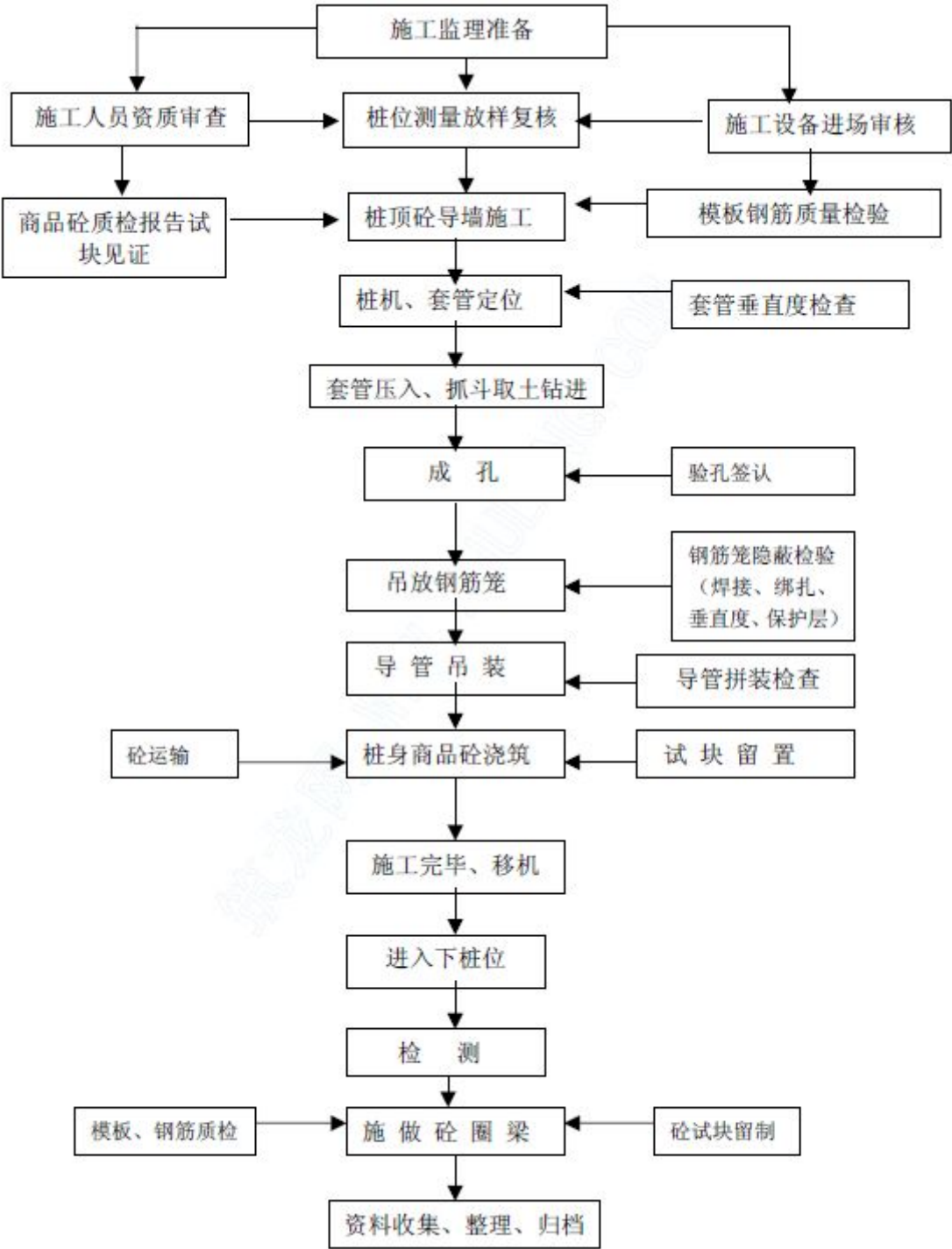


用后压浆技术、旋喷补强技术等方法处理咬合桩之间的其它缺陷。

6.5 咬合桩监理方案

混凝土咬合桩是本工程基坑围护结构中至关重要的部分，应对质量有严格要求，为了保证工程施工有序开展，确保围护结构工程质量和施工安全。

1、监理控制工作流程



2、监理控制要点

1) 施工前控制要点:

- ① 审查施工人员特别是特殊工种人员的必须有上岗操作证，监理做到核查备案，无证人员不得上岗；
- ② 审查施工机械的规格、型号、数量和完好状况，能否满足施工进度要求；
- ③ 审查原材料如钢筋、商品砼等的出厂合格证、质检报告等质保资料，质量不合格或质保资料不全，不准使用；
- ④ 参加设计交底，要求施工单位组织人员认真熟悉图纸，掌握设计意图和质量标准，分析地勘资料，预估钻孔成桩过程中的问题及采取的安全保证措施；
- ⑤ 审查施工单位编写的《桩基工程施工组织设计》，重点审查计划安排是否合理，工期和质量能否保证，环保安全文明施工保证措施是否可行等。



2) 成孔控制要点:

- ① 检查复核施工放样单元孔槽位置，是否符合设计和施工方案要求；
- ② 要求施工单位进行试成孔（其数量不少于二个）并详细记录施工参数，检查试成孔情况，核对地质资料，检验设备工艺及技术要求是否适当；
- ③ 检查成孔机具设备，性能是否满足施工要求，设备就位后必须平正，稳固，套管中心与设计位置是否对中，其偏差不得大于 10mm；
- ④ 用测斜仪和经纬仪随时检查套管的垂直度，垂直度偏差不得大于 3‰，发生偏差要求施工单位及时调整；
- ⑤ 检查钻孔是否按顺序施工，控制成孔完毕至灌注砼的时间不超过 24 小时；

⑥ 钻孔完成后及时进行验孔，检查孔深、孔径、孔位垂直度、孔底沉渣厚度是否满足设计要求，具体质量要求见表；

表 3 钻孔允许偏差及检测方法

项目	容许偏差	检测方法
钻孔中心位置	≤50mm	JJY 型井径线
孔径	-0.05	超声波测井仪
倾斜度	≤0.3%	测斜仪
孔深	比设计深度深 300~500mm	核定钻头、钻杆长度

⑦ 最终检查验收成孔后的各项指标必须符合设计及规范规定要求后方可进行下道工序施工。

3) 钢筋笼制作、吊放控制

- ① 钢筋原材料必须有生产许可证、质保书、准用证并复试合格；
- ② 检查钢筋制作下料尺寸（按施工翻样单抽查），切断钢筋的尺寸，弯矩锚固长度等要符合设计及规范要求；
- ③ 检查钢筋品种、规格、数量、间距、同一截面接头数量、焊点、焊缝、锚固长度，焊条型号必须符合设计规范要求；
- ④ 检查钢筋笼的外型尺寸，其长、宽、直径、每段长要符合设计和方案要求，外表不得有老锈、油污；
- ⑤ 检查钢筋笼上的钢支撑预埋件的安装位置是否准确，固定是否牢固，铁件规格尺寸是否符合设计及施工方案要求；
- ⑥ 检查钢筋笼的保护层厚度（70mm），包括规格、数量、尺寸、钢筋布置是否符合设计要求；

⑦ 钢筋制作的允许偏差见下表：

表 4 钢筋允许偏差

项目	容许偏差 (mm)
主筋间距	±10
箍筋间距	±20
长度	±100
直径	±10
个别扭曲	±10

⑧ 吊装前检查钢筋笼内是否有活动物、吊点焊接质量，防止吊装时脱落伤人；

⑨ 吊装前检查特殊工种上岗证，及警戒范围，安全监护人员和指挥人员是否到位符合要求签发吊装令；

⑩ 起吊入孔时监理人员全程旁站。吊起竖直后平稳下放，入孔过程中有阻碍时，不得强行冲放，应重新吊起，待查明原因并经处理后再吊放就位；

⑪ 钢筋笼下放到位后，复核笼顶标高和位置，且要符合设计及规范要求；

⑫ 检查导管的闭水性能及下放深度，要符合规范及施工方案要求；

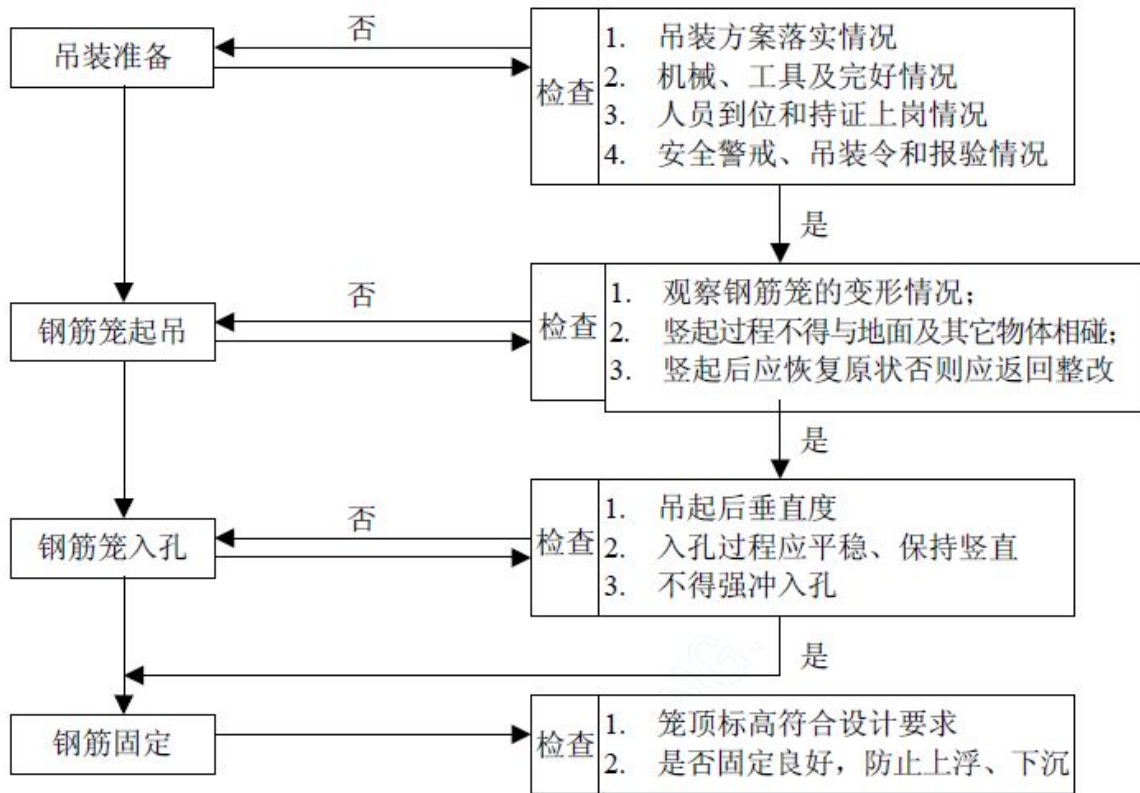


图 9 钢筋笼吊装控制流程

4) 水下砼灌注控制

- ① 上道工序均验收合格，包括孔径孔深和垂直度、沉渣厚度，钢筋笼位置标高、固定，施工机具、人员到位，具备浇筑条件时签发浇筑令；
- ② 检查砼配合比单，其强度，抗渗等级，必须符合设计要求；
- ③ 检查导管内隔水球或隔水板的安放及砼初灌量应符合方案要求；
- ④ 检查砼上升速度的均匀性，（上升速度宜为 3-4m/h，且不得小于 2m），连续浇筑性，中途停顿时间不得超过 12 小时；
- ⑤ 灌注过程中要随机抽查砼坍落度及导管起拔、拆除高度。严禁超拔，记录灌注桩顶标高及最终浇筑方量，检查施工记录；
- ⑥ 按有关规定见证砼试件留置，并送标养室进行养护；

⑦ 砼浇筑过程监理全过程旁站，记录砼浇筑起止时间，砼上升速度，砼坍落度，试件留置，最终浇筑标高，有无塌孔等异常现象。