

# 可变式支盘扩底桩施工工法

(TGJGF-03·04-15)

中铁十七局集团有限公司

## 一、前言

可变式支盘扩底桩是桩基工程中的一项新技术、新成果。普通钻机成孔后,在孔内用液压挤扩支盘成型机,通过地面液压站控制其弓压臂的扩张和收缩,在桩身的不同部位挤压出对称分布的扩大支腔或圆锥盘状的扩大头腔(图1),放入钢筋笼,灌注混凝土,从而形成由桩身、分支、支承力盘和桩根共同承载的桩型。

在中铁十七局集团1\*、2\*高层住宅楼支盘扩底桩施工过程中,针对“支盘桩工程支盘程序控制”作为一个QC研究课题进行攻关,总结出支盘桩施工几个关键控制点,在不断完善施工技术的过程中形成本工法。

按本工法工艺流程和质量控制要点施工的支盘桩,可提高施工效率,保证支盘桩成盘质量,取得良好的社会和经济效益。

2004年4月21日由中国铁道建筑总公司对“可变式支盘扩底桩施工技术”进行鉴定,认为该项技术达到了行业领先、国内先进水平。该工法获中铁建筑总公司优秀工法一等奖。

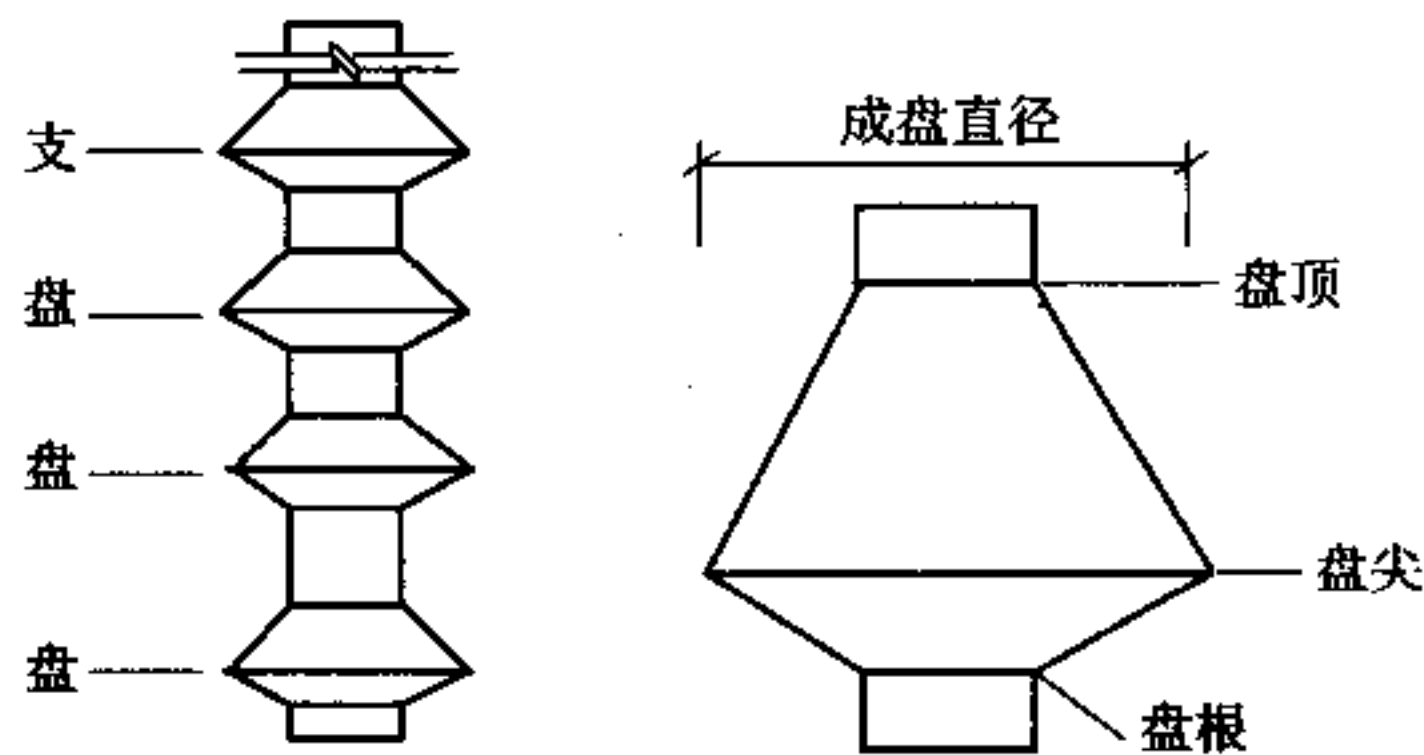


图1 支盘桩

## 二、工法特点

1. 设备操作方便,施工工艺流程合理、简洁、高效。
2. 承载力提高,减少了不均匀沉降,同直径、同桩长条件下该桩承载力是普通灌注桩的150%~300%,按照设计承载力可有效缩短桩长、减少桩数。
3. 成桩工艺适用范围广。
4. 经济效益显著,缩短工期、节约造价10%~30%。
5. 施工噪声低、无振动,且泥浆排放量显著减少,有利于保护环境。

## 三、适用范围

本工法适用于一般黏性土、粉土、黏土与粉土交互层、砂土或碎石土等多种地基土质支盘桩施工。

## 四、施工工艺

施工工艺流程见图2。

### (一)施工准备

桩基施工前宜在原勘察点位上试钻孔,检验地质报告提供的持力层的位置与实际地质情况是否相符,观察并记录各土层压力值和油箱油位变化情况。

开工前进行试扩盘。将支盘成型机吊入孔中,在各土层中按一定间距(一般为2m)进行挤扩(每次挤扩均须旋转90°),检查是否有缩径现象,并记录挤扩时压力表的读数,汇成表格,分析土层性质是否与地质报告相符。

### (二)测放桩位及埋设护筒

1. 场地平整后测定桩位,在桩位点打入一根 $\phi 12 \times 800\text{mm}$ 的钢筋头做桩位标识,用混凝土固定好;放

线完毕对桩位进行复核,做复核记录。

2. 护筒用厚4~8mm钢板制作,埋设时内径较钻头直径大100mm,顶部设溢浆口。埋设时护筒高出地面15~30cm,埋深1.0~1.5m。周围用黏土夯填密实,防止偏移,埋设完毕的护筒上口水平,中心与桩位中心重合,偏差不大于50mm。

### (三) 钻机就位

钻机用正循环回转钻机,就位时,平整场地,用枕木铺垫牢固,用水平尺和线锤吊线使钻机中心与桩位中心重合,保证钻机水平,钻杆垂直。

### (四) 直孔成孔

直孔的成孔工艺同普通直桩钻孔。在施工中要注意泥浆的各项指标符合规范要求,保证护壁的可靠性,保持孔内泥浆水头;钻压和钻速适应施钻地层,使钻进作业既能保证钻孔质量又能有较高的效率;按隐蔽工程施工,作好钻孔记录。

### (五) 支盘成型机的准备及试运转

检查支盘成型机的型号以及外形尺寸是否与孔径尺寸匹配,电器设备、电路、油管、油路是否畅通。备好各种易损易坏的配件。依据孔深配置连接管。在地面连接,将外形、比例尺寸、单根连接管长度、法兰直径以及总长度等绘出连接图。

每次挤扩前必须按照技术要求调试支盘成型机的各项指标,主要包括成盘直径、盘尖(盘体直径最大处)至主机底端的长度(按设计)、盘根至盘尖和盘尖到盘顶的长度,收支液压力值等满足设计及规范的要求。根据支盘机、标准节尺寸来控制支盘标高。将支盘成型机垂直吊起。分支成盘后检查其各项指标,并做好记录。

空载试机,观察支盘机的工作状态是否正常,各项性能指标是否满足要求,对发现的异常情况及时调整使支盘机处于良好的工作状态。

### (六) 挤扩成盘

#### 1. 支盘前的检查

- (1) 检查法兰连接、螺栓、油管、液压装置、弓压臂分合情况;
- (2) 测量孔深、孔径并记录;
- (3) 支盘成型机入孔前将其起吊,在孔口一侧垂直停立检查灵敏度、空载压力值、空载油箱油位变化值及弓压臂伸缩时间等(对弓压臂进行反复伸缩,当空载压力接近某一恒定值时,即为空载压力值);
- (4) 支盘成型机孔口对中后,徐徐下至孔底,切勿碰撞孔壁、护筒及刻度盘。

#### 2. 分支成盘作业

- (1) 液压站操作员要认真读取油压表压力值,根据试成孔在成盘位置所取数据,随时判断分析土层性质。观察油箱液面下降值。
- (2) 孔口作业:①角度盘安装要平稳,不得产生位移。②测量孔深,下入支盘机后用连接管尺寸复核孔深及钻孔的垂直度。③可变式支盘扩底作业自下而上进行。开动钻机,启动液压站使弓压臂扩张进行挤扩成盘,成盘后收回弓压臂,完成一次成盘作业。提升成型机在下一孔深处成盘至全部成盘结束。④在每次分支挤扩结束时,应测量泥浆面的下降值,机体上升值,并作出记录。⑤在挤扩成盘过程中,随着盘体体积增加,孔口泥浆面随之下降,必须及时补充泥浆,以防塌孔;若在水下,此种情况不明显。

### (七) 二次清孔

为确保支盘扩底效果,此次清孔泥浆置换时,泥浆要逐步稀释,在灌注混凝土前控制泥浆比重、沉渣厚度满足《建筑桩基技术规范》(JGJ94—94)有关规定。

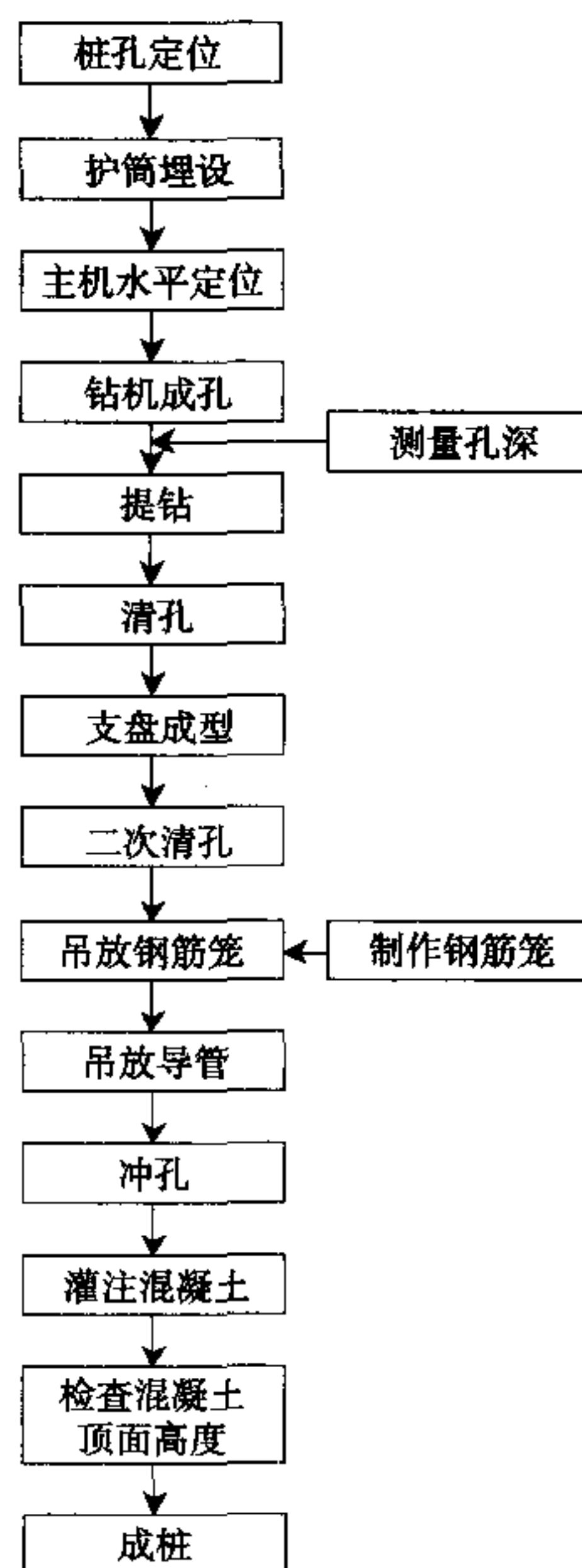


图2 可变支盘扩底桩施工工艺流程

### (八) 钢筋笼的制作与安装

钢筋笼分段制作,分段吊装,孔口连接。制作时遵守《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204)。钢筋制作符合《建筑桩基技术规范》(JGJ94—94)有关规定。

吊装时要防止变形,避免碰撞孔壁,使钢筋笼垂直置于孔中间,周围间隙相同。就位后立即固定。

### (九) 安装灌注导管

导管使用前要试拼、试压,试水压力为 0.6 ~ 1.0MPa,以保证其密封性。导管直径宜为 200 ~ 250mm,导管底节长度不小于 4m。下放的导管下口距孔底 0.3 ~ 0.5m。导管使用完毕要冲洗干净。

### (十) 冲孔

导管安放完毕,及时进行清孔,清孔后沉渣厚度不大于 10cm。

### (十一) 水下混凝土的配制

水下混凝土要严格按试验室给定的配合比配制,计量准确。坍落度宜为 18 ~ 22cm,宜掺加外加剂增加混凝土的和易性。

### (十二) 灌注水下混凝土

混凝土第一次灌注要有足够的储备量,保证导管一次埋入混凝土面以下 0.8m 以上。

导管埋深宜为 2 ~ 6m,严禁将导管提出混凝土面,设专人测量导管内外混凝土面的高差,填写水下混凝土施工记录。

水下混凝土必须连续施工,每根桩的浇注时间按初盘混凝土的初凝时间控制。

## 五、机具设备(见表 1)

## 六、劳动组织(见表 2)

表 1 机具设备

序号	机具名称	规格	单位	数量	备 注
1	正循环钻机	GPS-15	台	2	钻孔
2	挤扩设备	ZK-15	台	1	挤扩成盘
3	吊车		辆	1	挤扩成盘、吊钢筋笼
4	泥浆泵		台	2	泥浆循环
5	泥浆运输车		辆	3	运输泥浆
6	钢筋切断机		台	1	制作钢筋笼
7	电焊机		台	1	制作钢筋笼
8	导管、漏斗		套	1	灌注混凝土

表 2 劳动组织

序号	作业班组	内 容	人数	备注
1	钻机组	钻孔、清孔	8	
2	挤扩组	挤扩成盘	4	
3	钢筋组	制作钢筋笼	6	包括焊工
4	吊车司机	吊运挤扩设备、钢筋笼	2	
5	混凝土班组	灌注混凝土	4	

## 七、质量控制与检验

### (一) 质量控制

#### 1. 液压站操作预控

按设计盘位进行挤扩,观察记录各盘的挤扩压力值、支盘成型起止时间、油箱油位变化,依据工地现场试成孔挤扩压力值,进行预控。

依据实钻地质情况和首压值适时调整盘位。盘位允许在 1 ~ 2m 内变化,但盘距必须满足最小间距要求:黏性土、粉土不小于 1.5D,砂土不小于 2D(D 为盘径)。

#### 2. 施工中做好各道工序的施工记录。

#### 3. 通过控制七道工序(成孔→支盘→清孔→吊装钢筋笼→冲孔→灌注混凝土→成桩)、三个时间(吊



装钢筋笼的时间、冲孔时间、灌注混凝土时间),提高施工的连续性,保证混凝土的浇注质量和成桩质量。

## (二)质量检验

### 1. 钻成孔及清孔检验

(1)孔深 根据钻孔施工记录、钻杆和钻具入孔总长、测绳实测孔深确定钻孔深度和沉渣厚度是否满足设计及规范要求。成盘前,利用其机身及连接管尺寸复核孔深。

(2)成孔垂直度 用支盘成型机入孔检查垂直度。成型机自然顺畅下到井底,垂直满足设计要求。

(3)孔径 用井径仪或利用支盘成型机上的检验设备检验,或检查成孔钻头直径,确定钻孔直径是否达到设计标准。

(4)清孔 孔底沉渣 $\leq 10\text{cm}$ ,通过检查沉渣厚度确定清孔质量。沉渣厚度用沉渣仪测量或用比重仪测量泥浆比重。

### 2. 成盘检验

(1)油箱液面下降值 以支盘成型机空载试验值为标准,观测油箱液面下降值。

(2)盘径检查 观测油位变化值、孔口泥浆变化值或用井径仪检查盘径是否达到设计值。

(3)设计承载力层层位、盘位、盘间距检查 按设计、施工图纸、勘察报告、施工记录,检查持力层位、盘位、盘间距是否满足设计要求。

### 3. 钢筋笼制作、安放及混凝土灌注

按照 JGJ94—94 规定执行。

### 4. 成桩检验

(1)单桩竖向承载力设计值 静载荷试验,试验数为设计桩数的1%,且不少于3根;高应变动力检测法,数量由设计单位来确定。

(2)桩身完整性及混凝土强度 采用低应变动力测试法,按国家有关规定执行,检验混凝土28d强度。

## 八、安全措施及施工注意事项

### (一)安全措施

1. 施工阶段保持良好的工作环境,坚持进场和上岗人员的安全教育和技术交底工作,交接班检查,持证上岗等制度,做好安全宣传工作,确立“安全第一”思想。

2. 做好防火、防煤气中毒工作,冬季所用炉火都设专人值班,易燃物品和炉渣都应按规定地点堆放,取暖设备保证通气良好,工地显眼处配备消防设施。

3. 防止发生烧伤和电气伤人事故。施工人员要谨慎操作,电气设备与开关要有防雨、雪罩盖,不准泥水喷溅,电缆与埋土冻结在一起,不可硬拉,必须先清除冻土。值班电工除检修维护用电设备外,一定要经常检查,防止隐患,确保安全供电,安全用电。

4. 确保起重操作安全,起重操作要严格遵守操作规程,与指挥者要密切配合,认真操作,杜绝一切事故的发生。

5. 场地材料要严格定位堆放整齐,不影响交通,要随时清理垃圾,保持清洁,机具设备尽量不影响居民的正常生活。进场人员必须戴安全帽。

6. 节约用水,水电设施按需要合理布置,不得胡乱接电源。

### (二)施工注意事项

1. 施工过程中注意机具的运转情况,经常检查机架有无松动或移位,护筒是否移动或倾斜,液压站必须安装泄压阀,电机应接地、接零。

2. 孔口必须加盖,附近严禁堆放重物,随时查看附近地面有无开裂现象,防止护筒和机架发生倾斜或下沉。

3. 对支盘成型机要进行安全检查,防止液压油喷出伤人或机器发生故障。

4. 支盘成型机起吊入孔由专人指挥操作,避免碰挂孔口、孔壁形成虚土回落。

## 九、技术经济分析

按同等设计承载力 6500kN,单根支盘扩底桩与普通钢筋混凝土灌注桩经济指标分析见表 3。

表 3 支盘桩与普通灌注桩经济指标比较

	桩径/m	桩长/m	盘径/m	盘数/个	混凝土量/m <sup>3</sup>	混凝土单方承载力/(kN·m <sup>-3</sup> )	单价/(元·m <sup>-3</sup> )	总价/元
可变式支盘桩	0.7	23	1.5	3	10.67	609	1200	12804
普通混凝土桩	0.8	42			21.1	308	900	18990

由上可见,使用支盘扩底桩可比普通钢筋混凝土灌注桩节约混凝土量 50% 左右,总造价节约 32.5%,以上分析未计钢筋含量的比较,综合考虑,使用支盘扩底桩可节约造价 30% ~ 40%,工期缩短 40% 左右,同时相对减少了泥浆排放量,对环境保护有利。

## 十、工程实例

中铁十七局集团 1\*、2\* 高层住宅楼基础采用支盘扩底桩,2002 年 2 月 1 日 ~ 4 月 7 日施工工程桩(桩长 22.15m,桩径 0.7m)208 根,经 3 组静荷载试验及 42 根桩低应变完整性检测,达到设计及规范要求。与普通钢筋混凝土灌注桩相比,节约资金 280 万元左右,泥浆量减少 50% 左右,工期缩短近 1/3,施工过程中低噪声、低振动,排污量明显减少,周围居民区未发生因干扰正常生活而投诉现象,反应良好。在主体施工阶段进行沉降观测,沉降量小于 10mm,沉降均匀、稳定,结构安全度高,施工质量可靠,桩基施工验收分部工程质量优良,取得了良好的经济效益和社会效益,受到建设单位和监理单位一致好评。

执笔:李永胜 张盛朝 郭志强