

大口径钻探 在流砂层中成井与灌注桩工艺

宋建国

(华东冶金808地质队)

本文详细介绍了大口径钻探在流砂层中的成井工艺及负压钻井，并对灌注桩的沉渣钢筋笼上浮、混凝土灌注桩等问题，提出了看法。

关键词：大口径钻探；成井工艺；负压钻井；钢筋笼上浮

近年来，建筑工程新工艺——钻孔灌注桩因其成本低、经济效益高，特别是承受载荷大，而得到普遍应用。对某些施工条件复杂，难度又大的工程更显示其优越性。

在施工钻孔灌注桩过程中，由于地层变化大，客观条件复杂，往往会遇到一些预想不到的困难。

流砂层中大口径成井

1987年初，我队承包了自来水厂引桥及基础工程。工程在马鞍山市长江马和汽渡上游473m处。钻孔灌注桩25孔，其中18个钻孔在长江漫滩前缘，其余在长江边沿（枯水期，目前已全在长江内）。钻孔灌注桩要求直径1m，总进尺705.84m，平均孔深不超过30m。25个灌注桩孔实际施工（包括浇灌混凝土）35天。

该施工钻孔除第一承台5孔有3m左右的亚粘土层，下部主要为淤泥质亚粘土、粉细砂层和部分砾石层。含砂率（包括粉细砂）达90%以上。其中中粗砂和砾石颗粒直径2~5mm，卵石直径20~30mm，深部层段，卵石直径50~60mm，砾石层砾石含量为68~72%。钻进过程中经常遇有沼气，所以成孔难度大，极易造成涌砂、塌孔和埋钻。

要在上述复杂地层中施工直径为1m的大口径钻孔，关键在于护壁，不使井壁坍塌、涌砂。进入80年代以来，地探中的钻探工程已普遍使用金刚石钻进、冲击回转钻进和绳索取心等先进技术，所以在冲洗液方面要求较高。一般用无固相冲洗液或低固相泥浆润滑、冷却钻头，同时又可保护井壁。但对于流砂、砾石层中是否可行？尚在试验之中。1986年初，我们在向阳矿区勘探孔中（开孔直径130mm），使用低固相泥浆（以南京汤山陶土粉为原料）钻进。初遇流砂层时尚可对付，继而遇到砾石层就不能通过，粗砂也无法排上，砾石层段坍塌，无法继续钻进。后改用黑泥（相当于丙级土）为粘土原料，制浆钻进，二天后，即穿过砾石层到达基岩。可见，采用细分散泥浆，以本地黑泥（稍含腐植质的高岭土）为原料，稍加部分基础处理剂（纯碱 Na_2CO_3 ），即可制得较为理想的泥浆，不必再加高分子化合物添加剂，成本也低。

大口径钻孔灌注桩在流砂、砾卵石层中成孔，要求泥浆有一定的粘度和比重。单有粘度而比重较轻，有可能发生涌砂或井塌；若泥浆比重大，但粘性差，则不能很好护壁，会使井壁泥皮增厚。所用泥浆性能如下表。

青山粘土造浆性能表

粘土加量 (%)	比 重	粘 度 (s)	含 砂 量 (%)	胶 体 率 (%)	失 水 量 (ml/ 30min)	加 碱 量 (%)
12	1.1~1.2	18~18.5	0.5~1	99	8	1
15	1.14~1.15	20~21	1	100	7	1.2
18.5	1.18~1.185	24.5~25	1.2	100	6	1.5
21.5	1.21~1.22	29~30	1.5	100	5	1.8
25	1.25~1.26	34~36	1.8~1.9	100	5	1.8

注：①失水量用1009型泥浆失水量测定仪测定；②加碱量为泥浆体积的百分数。

钻进开孔时，所用泥浆粘度一般为20~22s；随着钻孔加深，逐步加大粘度；到达粗砂土层时，泥浆粘度为32s左右。钻进到设计深度后，不能立即上钻，否则极易发生埋钻。而应继续送浆循环，将孔内粗砂、砾石等全部排出孔口，才能上钻。

送浆循环时间的长短，应根据钻孔深浅和水泵量大小而定。如砾石过大，可采用特殊捞渣器打捞沉渣。

排砂时间的长短，可按下式计算：

$$T = L \div \{ (Q \times \mu) \div [(D \times K)^2 \times 0.785] \}$$

T ——孔底粗砂、砾排出孔口所需时间 (min)；

L ——实际孔深 (m)；

Q ——水泵额定送水量；

μ ——送水系数，一般为0.8~0.95；

D ——设计施工孔径；

K ——钻孔充盈系数。

替换新浆时间和排砂时间基本相同。施工中，达到设计孔深，循环1h后，替换新浆1h。

我认为在流砂、粗砂砾层中，施工大口径工程使用细分散泥浆比低固相泥浆更经济，粘土也不用预水化。

负压钻进

负压钻进是一种特殊情况下的钻进。一般施工中井台应高于江（河、湖）水面1.5~2m。我们在长江漫滩前缘施工，长江水位

已高出施工地面1.2~1.5m，施工条件不利。我们采用远离井台围堰的方法减低负压。围堰最近离井台13m，最远18m，使渗透路径变长，降低渗透速度。同时利用孔内液柱压力大于孔壁土（砂）层的侧向压力，而使孔壁稳定。

土的侧向压力由下式求得：

$$E = r \cdot H \cdot K$$

r ——土的容重 ($r = 1.8 \text{ t/m}^3$)；

H ——孔深；

K ——压力系数 [$K = \tan^2(45 - \frac{\varphi}{2})$ ，

$\varphi = 32$ ， $K = 0.3072$]；

E ——钻孔最大的侧向土（砂）压力。

简化： $E = 0.553H$

孔内静水压力的计算式：

$$q = r_{\text{泥}} \cdot H$$

$r_{\text{泥}}$ ——孔内液体（泥浆）的比重。该工地所用泥浆比重为1.3。

实际施工时，所筑土质围堰仍然渗水，产生动水位，但比原长江水位低得多（约0.7m）。为此，我们在围堰内又用草袋装土垒成长堤，上部安放圆木。基本找平后，再在圆木上铺钢轨，安装底盘、塔架及机座。井口四周再填黑泥（人工造井，如图），以增加液柱压力。此时钻孔最大侧向土压力（ E ）和孔内静水压力（ q ）为：

$$E = 0.553 \times 0.7 = 0.387(\text{m}),$$

$$q = 1.3 \times 0.7 = 0.91(\text{m}).$$

所以，只要选用泥浆得当（细分散泥

浆), 泥浆柱的压力会大于同一深度的侧向土压力(孔壁压力), 似可保证孔壁不塌。

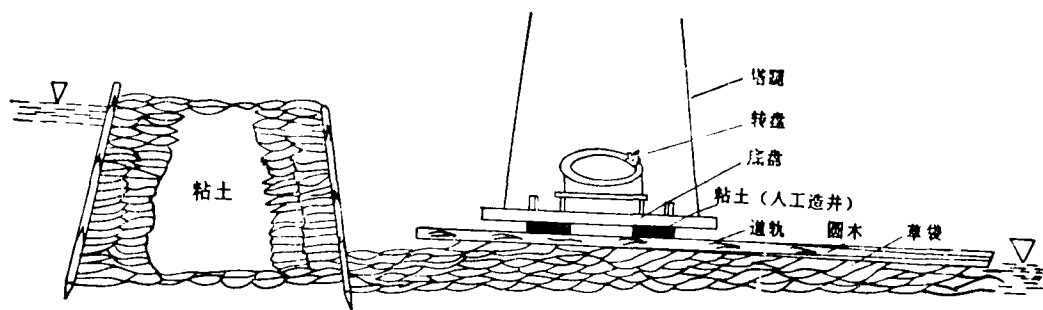
利用充满孔内的液柱压力, 维持钻孔形成后之平衡条件, 必须使 $q \geq E$, 这是保持孔壁稳定的基本条件。在实际施工中, 开始孔内液柱压力与动水位之差值甚微。为保证孔壁稳定, 唯一办法是加大泥浆比重, 所以开孔钻进泥浆比重应为1.25~1.3左右(孔口积水为0.7~0.8m)。钻进中不断补充新泥浆, 并且保持孔内泥浆比重在1.25以上, 实际上钻进到粉砂土时, 孔内液柱压力已大大超过该深度孔壁的侧向土(砂)压力, 孔内已处于稳定状态, 即不易发生涌砂和坍塌。

对灌注桩中沉渣的要求

沉渣又称沉砂或淤积, 它与灌注桩柱的

质量和灌注工作的进行, 都有很大关系。灌注桩可分为端承桩和摩擦桩两种。由于桩的要求不同, 两种灌注桩沉渣要求也不一样。一般端承桩承受的载荷比摩擦桩大得多, 持力层在基岩上, 所以端承桩底端面应直接与基岩接触, 要求在新鲜基岩面或微弱风化的基岩面上灌注混凝土。为此控制沉渣厚度极严, 一般不超过10cm。如超过规范, 需进行处理。方法是用导管继续输入标准泥浆循环换浆, 将孔底沉渣排出孔口; 有条件时也可用空气吸泥机清孔或空压机洗孔。摩擦桩桩底端面的持力层不是基岩, 而是粘性土或砂土(粗砂、砾卵石), 碎石类土。主要载荷由桩身与四周土层的摩擦阻力承担, 桩端只承受部分载荷, 但孔底沉渣厚度亦不得大于30cm。

本文介绍的引桥工程, 采用沉渣厚度 $\leq$



井口装置示意图

40~60cm, 一般为40cm。此外, 泥浆的粘度和比重也可稍做增大, 以利于沉渣排出孔口; 当孔内沉渣基本达到要求后, 最好换用标准新浆。

笔者认为对摩擦桩的沉渣要求, 因地层条件等限制, 不宜卡得过死。在实际施工中, 沉渣厚度只要不超过50~60cm, 都是可行的。因为灌入第一料斗混凝土时, 由于它的比重大, 又有一定的落差(十几至几十米), 坠落势能变成动能, 足以将沉渣冲起。但这并不是说, 沉渣数量可以任意扩大, 而是在某种环境和条件下, 稍有通融。

钻进深度的计算: 摩擦桩钻进采用笼式钻头, 终孔前不再用平底钻头扫孔, 其底端必呈圆锥状(90~120°)。按钻头尖端或端部作为孔底深度都不合适。一般按尖锥高度的1/2~2/3计算深度, 既考虑了沉渣量, 也注意了孔深, 比较符合实情。

关于钢筋笼上浮

在混凝土灌注桩施工中, 往往产生钢筋笼架上浮, 原因有三。

1. 浇灌混凝土时产生的向上冲力

解决方法: ①将钢筋笼下端的3~4根主

筋接长(沿周等距分布)约3m,并在加长的主筋下端增焊同径的加劲圈一个;②桩径小于1m的灌注桩,混凝土浇到将要接触钢筋笼时,要放慢浇灌速度或将导管适当埋深,以减小混凝土上冲力;③当钢筋笼埋入混凝土内5m以上时,应提升导管,使导管下口高出钢筋笼下端适当距离,以减少混凝土上冲力,增加钢筋笼架锚固力。

2. 桩柱直径大,浇灌混凝土量多

由于劳动调配不当,浇灌速度缓慢,造成钢筋笼上浮。

3. 混凝土灌注桩孔径较小,也易发生钢筋笼架上浮

原因是提动导管受力不均,使其偏离中心,而刮带上来。若桩径 $>1\text{m}$ 时,可用直径300mm的导管;桩径 $<60\text{cm}$ 时,可采用250mm或200mm的导管。

总之,针对上述原因,采取相应措施,合理增添设备和调整劳动力,钢筋笼上浮是可以避免的。

混凝土灌注桩的质量

灌注桩的质量表现为三部分。

1. 造孔和钻孔的质量

检查钻孔和机上主动钻杆是否垂直;偏离轴线是否超出规范;按装时机台是否水平;孔径是否超大或缩径。

2. 灌注桩本身的强度

造成混凝土不凝固的原因有:①水泥失效或整孔浇灌时水灰比不一致;②浇灌工艺问题。若导管下入深度离开孔底沉渣过高,第一料斗灌浆与下部泥浆或清水混合稀释;③导管连接不严密,漏气、漏水,使混凝土浆液中渗进了泥浆或清水,在漏水段造成断桩;④提升导管时,未准确测量和计算混凝土

土所能浇灌的高度,将导管拔出了混凝土面,泥浆或清水侵入混凝土,造成不凝固或断桩。

笔者认为,导管下到最后一根深度后,需用测锤再测量沉渣高度,务使导管底端比沉渣高出10~15cm,否则,第一料斗混凝土冲不起沉渣,会造成事故。

3. 混凝土灌注桩的承载力

混凝土灌注桩经过垂直静载试验,检查其沉降尺寸是否符合设计要求,较大工程应事先试桩。在工程开始前,做灌注桩垂直静压承载试验,确定其极限值,检测载重吨位。如达不到设计要求,极大可能是沉渣量超过规范。若未事先试桩,而只做工程灌注桩试压,达不到设计吨位,虽然可能有上述原因,但不能排除地基勘察持力层承压测定误差和桩身、土层摩擦系数选值误差。

我们施工的第三自来水管厂的工程桩,因工期紧迫,未试桩。而施工的马鞍山矿山研究院家属楼地基,根据合同甲方要求选3根桩,做垂直静压试桩。该工程设计为摩擦桩,孔径600mm,87-Ⅰ楼孔深18m,要求垂直静压为120t/根。甲方抽查两根桩,结果第一根桩(48#)沉降量是 $\Delta 120\text{t}=10.25\text{mm}$,第二根桩(46#)沉降量是 $\Delta 120\text{t}=7.757\text{mm}$ 。而87-1楼灌注桩长12m,抽查试桩一根,要求垂直静载荷100t,结果沉降量 $\Delta 100\text{t}=4.12\text{mm}$ 。抽查的这3根灌注桩试压都无明显拐点,属正常下降。由于是工程桩,不需做破坏试验,得到了甲方的认可和好评。

总之,做为施工单位,我们按《工业与民用建筑灌注桩施工规范(JGJ4-80)》要求去做,严格控制沉渣,保证了工程质量。

Construction and Pile Grouting Techniques of Large Hole Drilling in Running Sand Layer

Song Jianguo

Well completion technique and drilling technology under negative pressure of large hole drilling in running sand layer are introduced in detail in this paper. Views on following aspects are also advanced: how to reduce the thickness of dregs to meet the requirement; measures adopted for prevention of the buoyancy of the reinforcing bar cage; technical requirement of pile grouting.