

521280

大口径工程施工钻探学术 论文选集

中国地质学会探矿工程专业委员会编

1984年 保定

大口径工程施工钻探学术 论文选集

中国地质学会探矿工程专业委员会编

1984年 保定

编 者 的 话

本论文选集选自1983年10月中国地质学会探矿工程专业委员会水文水井专题组，在湖北宜昌召开的全国大口径工程施工钻探学术报告会，所征的论文。

本论文集可供从事水文，工程地质勘探、水利、交通，铁道、建筑、化工、冶金工程勘察等方面科研、教学、设计等单位科技人员参考。

选辑过程中对部分文章原文有某些删节。

本论文选集由地矿部水文地质技术方法研究队孙昭伟同志负责编校，图纸清绘由赵铭琪、郝秀兰同志在此一并表示感谢。

编 者

一九八四年十月

目 录

- √(83—540) 浅谈泵吸反循环钻机的使用……………交通部公路规划设计院 (1)
- (83—541) 在地基基础处理中混凝土灌注桩钻孔的施工经验……………徐中胜 (12)
- √(83—542) 丙凝帷幕灌浆的施工工艺…云南省水利勘测设计院地基队 彭 江 (15)
- (83—543) 潜水工程钻机……………中国建筑科学研究院地基所 邓仁林 杨作盛 (22)
- √(83—544) 苏州虎丘塔地基加固钻孔注浆施工技术
……………上海市特种基础工程研究所 杨永浩 何剑秋 (47)
- (83—545) 灌注桩钻孔水上钻探……………陆兴华 胡文仪 (63)
- (83—546) 钻孔中循环液循环问题的分析
铁道兵科学技术研究所二室……………孟庆云 (68)
- √(83—547) 潮汐河流桥基工程地质钻探研究…交通部第一公路勘
察设计院 刘世丰 (86)
- (83—548) 管桩孔在不均匀地基中应用…浙江省水利水电勘测设计院 周振华 (93)
- (83—549) 工程钻井破岩滚刀……………过之光 (100)
- (83—550) 工程桩干作业螺旋钻的成孔工艺问题……………严国柱 (107)
- (83—551) 地下连续墙施工工艺的初步试验……………交通部新河船厂等 (112)
- (83—552) 泥浆下灌注混凝土扩散规律的实验研究…刘铮敏 邓文樵 张 斌 (122)
- (83—553) 无循环液钻进……………孙孝庆 (127)
- √(83—554) GJC—40H型大口径工程施工钻机在桥梁建设和高层建筑钻孔桩
施工中的应用及其能力的分析……………天津探矿机械厂 姜丁西 (138)
- (83—555) 嵌岩灌注桩钻孔施工方法……………云南地矿局水文工程地质公司 (144)
- (83—556) 浅谈旋转钻机的钻头……………交通部公路规划设计院 (153)
- (83—557) 大直径长螺旋钻具的理论与实践……………刘瑞琪等 (165)
- (83—558) 辐射孔密封式施工……………西安市水利勘测设计队 石文书 (179)
- (83—559) 钻井法凿井在煤矿的应用与经验…煤炭科学研究北京建井所钻井室 (186)
- (83—560) 论倒垂孔钻进技术……………郭占巨 (193)
- (83—561) 钻头设计中的一些问题……………铁道兵科研所第二室 方卫国 (199)
- (83—562) 一米大口径岩心钻探……………吕时信 (206)
- (83—563) YKC—22钻机在灌注桩工程中的应用 ……黄志卷 (212)
- (83—564) 对我国工程钻机发展的浅见……………赵青山 祝晓红 (216)
- (83—565) 乱石堆积层钻进护孔新工艺……………黎国弼等 (222)
- (83—566) 用套钻法采取岩石夹泥层的试验研究
……………黄委会勘测设计院 宋秉礼 (228)

- (83—567) “竖井—群孔抽水试验”——鲁布革运用实例……………陈光孝 (234)
- (83—568) 在城乡建设的基础工程中推广应用灌注桩
……………中国建筑科学研究院地基所 邓仁林 (239)
- (83—569) 某铁矿床竖井冻结孔的钻探施工简介……………彭易华 (253)
- (83—570) 大直径钻岩机的成孔试验……………邓仁林 芦克森等 (259)
- (83—571) 大口径《液动潜孔锤》的研制……………芦文阁 常世臣 (265)
- ✓(83—572) 板桩灌注防渗墙试验报告……………河南省水利厅 (274)
- (83—573) 矿井注浆堵水排水工程孔施工方法……………苏荣铭 (292)
- (83—574) 大口径打筒的设计应用初步探讨…冶金工业部成都勘察公司彭心谦 (296)
- (83—575) 桥梁建筑钻孔桩基础桩径与桩长之杆……………李文德 (301)
- (83—576) 地下热熔法采硫钻孔的施工技术…化工部地勘公司钾盐队 罗松青 (305)
- (83—577) 冲击钻进方法与施工钻探……………卞岭 (311)
- (83—579) 泥浆循环系统有关参数的确定……………祝晓红 (316)
- (83—879) 大直径竖井排水钻孔的施工方法及工艺…渡口矿务局地测处彭自强 (322)
- (83—580) 大口径供水工程孔的施工工艺与测斜方法
……………中南冶勘六〇三队 李意良 官三善 (331)
- (83—581) 混凝土帷幕施工接头管起拔阻力的实验研究及计算
……………阜新矿业学院 邓文樵 刘铮敏 上官子昌等 (339)

浅谈泵吸反循环钻机的使用

交通部公路规划设计院

一、钻孔灌注桩工法选择

钻孔灌注桩成孔方法，目前主要有三种方法：

1. 全套管施工方法

又称“贝诺特”施工法，是法国最早开发应用的。施工方法是钻孔时，压入套管保护孔壁，用冲抓斗将管内的土挖出，卸在机器的前方或侧方。随着孔的加深，套管也不断接长。孔打多深，套管压多长，故名全套管法。此种方法护壁最可靠，超挖量小，对挖掘卵石层，尤其大卵石碎石层，最显得优越。

2. 旋转取土钻孔法

常用的有回转斗和长短螺旋钻。

回转斗是用伸缩式传动杆带动钻斗旋转挖土成孔。钻斗上装有切土的刀片和装土的土斗，土斗装满后，提出孔外，打开底门卸土。施工时一般只在表层压下一段套管，保护孔壁，在孔的深处就不用套管了。当土质条件不好时，可用膨润土溶液来护壁。

长螺旋钻机是在钻杆上焊有螺旋形叶片。工作时，螺旋钻杆旋转，钻碴即沿螺旋叶片上升排出孔外。此法在地下水位以上施工显得特别经济，因此又称干钻法。我国在城建部门中应用较多。

短螺旋是螺旋形钻头钻入土中，拔出后，以高速反转把积聚于螺旋间的钻碴甩卸出去。

3. 循环施工法

分正、反二种循环方法。是由石油钻井技术发展来的一种施工方法。

由于钻孔灌注桩一般要求口径均较大，此时正循环的工效远远低于反循环，消耗动力也大，同时还有其他方面的一些问题，因此，目前国外已很少采用，现国内应用的还不少，但会逐步被反循环所取代。

反循环施工是德国人在1990年开发的。是通过转盘或动力水笼头带动钻杆和回转切削钻头切削土壤。使用压缩空气、高压水或吸入泵等不同方法，将切削下的土壤由管内的通道提出孔外。

以上这三种方法，在国外应用的已很普遍也比较成熟了。国内目前应用的也越来越多了，但现在不但还没有达到普及的程度，有些还正处于试验摸索的阶段。因此，对于施工单位，用何种方法施工，选什么型式的钻机，就要有一个学习、实践的过程。其实，说起来也很简单，就是根据现场地质条件、工程设计要求和施工场地条件，选用适

用的钻机，而决不可以反过来，先选钻机而后再去想办法应付所遇到的各种问题，或对各种条件根本不清楚，就确定了施工方法、选定了钻机。遇到问题再临时去想办法，这十有八九会遭到失败。这方面的教训是很多的。因为施工方法的不同，对各种条件的适应程度是不一样的。如钻深20米有5—10米的细砂层，就应避免用全套管法。因厚的细砂层会使套管拔不出来。另外，当桩的设计深度超过40米时，也无法应用全套管法。当地层中有比较厚的大卵石（超过200毫米）层时，或地层极不稳定，用膨润土溶液也不足以保持孔壁的稳定时，反循环法施工就难于进行，因钻杆直径一般在 $\phi 150 \sim 200$ 毫米，所以超过这个尺寸的钻碴就无法排出去。反循环施工是用静水压护壁，当循环液产生的静水压不能保证孔壁的稳定性时，施工将无法进行。如此种种，不但说明当有些条件对某种钻机不适用时，应坚决不用，还说明工法的选择与研究是极其重要的。工业发达国家对此很重视，因为只有有了先进的工法，才可能发挥先进设备的作用，机器再先进，没有先进工法作保证，机器就无先进可言。因此，机器的使用必需按照工法的要求进行，如果没有可靠的工艺做保证，机器宁肯不用。因为一旦发生事故，损失将是巨大的。所以，我们在选用钻机时，应根据地质情况，设计上的要求和施工现场的条件，确定施工方法，最后选定适合此工法要求的钻机。如果自己已经有了钻机，这说明工法也就基本确定了，这时就应根据不同情况，采用一些必要的可靠措施，以使工程施工得以顺利进行，即创造一切条件，满足工法的要求，从工程设计到施工现场的布置，都要服从工法的要求。

二、各种循环施工法的比较

循环法分正、反循环两大类。

正循环除工效低、费用大、适用性差之外成孔质量也差，对桩的承载力也有不利的影响。正循环由于浮碴的要求，对泥浆的要求比较高，比重要大，浓度要高，粘度要大，因此，成孔后，孔壁上会形成一层泥皮，一般厚度为30~50毫米，在浇水泥混凝土后，这层泥皮是不会去掉的，因此，在水泥混凝土桩和原始结构的孔壁土之间，就加了一层如润滑剂一样的滑动层，这样就使磨阻力减小。同时，成孔后正循环虽然要花比较长的时间清孔，但由于泥浆的比重大，孔底是很难清理干净的，这对于桩的支承力是要受到一定影响的。

反循环在一般地质情况下，只用清水护壁，只有在地层极不稳定时，才用膨润土溶液，但比重一般不超过 $1.05 \sim 1.07$ 克/毫米³，所以虽在孔壁上也形成一层泥皮，但比较薄，而且孔底几乎不用另花时间清理，就已经很干净了因此桩的承载力就要提高。

以上种种原因，是正循环钻机在钻孔灌注桩工程中，渐渐被淘汰的必然结果。

反循环法，按其出碴方式又分为泵吸反循环，气举反循环，水射流反循环和综合反循环几种。一般钻孔直径在3米，深度在300米以内的为最多。

泵吸反循环，按泵的抽吸能力，一般使用于100米以内的孔。

气举反循环，大多用来钻100米以上的深孔，开始钻孔时，效率较低，钻到一定深度后，方能保持较高的钻进速度。这种方法机械结构简单，不易发生故障，但效率低。当

浸水比（管的全长与浸入水内的管的长度之比）在60%以下时，效率就明显降低，因此水深不够时，不能用此法，一般深度超过10米后，此法才能获得较高效率。

水射流反循环，构造简单、使用方便，但效率不高，开孔时工效较高，随着孔深的增加工效就愈来愈低。

综合反循环，是一台机器上设置二种或二种以上出碴设备，开始钻孔时，采用泵吸或水射流，达到一定深度后（一般10米以上），可更换为气举反循环。这种施工法在大口径孔深3~6米、深（200~600）米施工中应用较多。

交通系统施工对象主要是公路桥梁、港口码头，一般桩径在800~1500毫米、桩深在20~50米最多，很少有超过100米深的。由于在孔深30米以内泵吸反循环比气举反循环有较高效率，所以，在交通系统中，泵吸反循环就显得更为适用。

三、泵吸反循环钻机的工作特点

泵吸反循环钻机，一般设置两台动力机，一台通过转盘或动力头驱动钻头，完成切削土壤的工作。另外一台驱动砂石泵完成出碴工作。两台动力同时工作，钻进和出碴同时进行。除换接钻杆外，钻孔工作连续进行。全套管法的冲抓、冲锤，旋转取土钻孔法的回转斗、短螺旋等钻进和出碴间断重复进行，因此，泵吸反循环合理地利用了作业时间，提高了成孔效率。

泵吸反循环钻机的钻进和出碴是钻机的主要工作内容，而完成这两项工作的钻头和砂石泵是其心脏部分，因此合理地确定其工作参数，并在使用中根据不同情况，熟练地调整，是高效率成孔的可靠保证。

1. 钻头

根据不同地质条件，选用不同的钻头，但选用的钻头最好适应性比较强，因在钻孔中即使孔不太深，也要穿过几种不同的土质，不可能一种土质用一种钻头，这样会使作业时间加长，工效降低。因此在钻孔中，一般希望从开孔到终了，不更换钻头。这就要求选用适应性强的钻头。翼形钻头（分三翼和四翼）靠刀尖进行切削，对淤泥层、粘土层、砂、砂砾层等V、N级以下的地层最适用，对于风化岩等软岩层及较硬的胶泥层也有一定的切削能力。所以翼形钻头，在钻机上应用较多。对于中、硬岩层，应选用牙轮钻头钻进。

钻头转速及其给予土层的压力和效率是有直接关系的，一般地讲，可以说转速和钻压增加，工效提高。但严格地说，事情并不简单，因为转速高或钻压高，单位时间内，切削量增加了，但如果排碴量不能满足，就会使钻头周围积存的碴越来越多，这样就使刀尖不能接触到新土层。因此，每一转的挖掘率就会下降，所以转速或钻压虽然高，工效并没提高多少。另外，根据试验知。当切削速度小于2.5~3.5米/秒时，速度的变化，对切削阻力没影响，而当速度超过2.5~3.5米/秒时，切削阻力将随速度的增加而增加。同时，根据扭矩公式，

$$M = 716 \frac{N}{n} \text{ 公斤} \cdot \text{米}$$

N: 功率 (马力)

n: 转速 (转/分)

在动力不变时, 提高转速n, 势必要降低输出扭矩M, 否则就要加大动力机的功效N, 这显然是不经济的。还有刀具刃尖的磨损在速度超过3米/秒后, 要显著增加。当然速度太低, 就要影响工效, 如为了提高工效, 就要加大吃刀深度, 这样就要使切削阻力加大, 从而, 会造成机器超载和刀具过负荷, 长期这样工作是不允许的。

综上所述, 刀具线速度应有一个最佳范围。根据试验, 一般推荐刀具线速度在1.3~3.5米/秒之间。

凿岩钻头, 国外推荐进行大孔径挖掘时的最经济转速为:

$$n = \frac{36576}{D} \text{ 转/分}$$

D: 钻孔直径 (毫米)

还有一种经验算法是: 目前国外大多数牙轮钻头制造厂都把外侧牙轮的转速限定在120转/分, 因此, 由牙轮的直径和钻头直径的比值即可确定钻头的最高转速:

$$n_{\max} = 120 \frac{d}{D} \text{ (转/分)}$$

d: 外侧牙轮外径

D: 钻头直径

上式只是理论最佳钻头转速, 实际钻机的出碴和钻进能力, 岩层的可钻性, 钻具磨损和钻杆的振动等, 都限制了转速, 因此, 一般钻头转速都在理论值以下。

美国休斯 (Hughes) 公司凿软岩 (抗压强度0~650公斤/厘米²) 的钻头线速度为1.7米/秒, 中硬岩 (抗压强度达1500公斤/厘米²) 线速度为1.4米/秒, 硬岩 (抗压强度达3500公斤/厘米²) 线速度为1.2米/秒。对于钻土层的钻头, 由于N值小, 线速度可适当高一些, 但也不超过2.5~3.5米/秒。

钻头切削扭矩和钻压的大小, 直接影响一次切削量的大小, 和生产率有着直接关系。对于一般土层, 钻机具有2吨·米的扭矩就基本满足需要了。对于岩层, 根据孔径大小, 扭矩要提高。休斯公司给出一个经验公式, 可确定破岩所需扭矩值:

$$M_{\text{破}} = 2.961 \times 10^{-2} K \cdot D^{2.5} \cdot W^{1.5} \text{ 公斤} \cdot \text{米}$$

D: 钻头直径 (厘米)

W: 钻压 (公斤/厘米²)

K: 地质系数。K = 4 × 10⁻⁵ ~ 14 × 10⁻⁵

对于砂岩取K = 10 × 10⁻⁵; 灰花岗岩取K = 6 × 10⁻⁵。

选用钻机的扭矩M_机应大于M_破, 即M_机 > M_破才能发挥钻机的能力。

对于钻压问题, 钻孔灌注桩主要对付的是一般土层, 因此, 一般要求钻压不高, 根据国外推荐, 在N值为50~100时, 平均于钻头直径1英寸钻压为0.1吨, 如孔径为1.5米 (约5英尺, 合60英寸), 总钻压应为:

$$0.1 \times 60 = 6 \text{ 吨}$$

对于岩层，由于岩石硬度大，因此，总钻压要大大提高，一般推荐：当岩石抗压强度为 1000 公斤/厘米²时，平均钻头直径一英寸为一吨，如孔径为 1.5 米，总钻压应为：

$$1 \times 60 = 60 \text{ 吨}$$

当抗压强度为 200 公斤/厘米²时（如风化岩等），平均钻头直径一英寸为 0.2 吨，如孔径 1.5 米，总钻压应为：

$$0.2 \times 60 = 12 \text{ 吨}$$

钻机成孔通常是用减压钻进的，即钻具及配重总重量的 70% 施于地层，30% 的重量由吊具提吊着，只有在开孔时，为提高效率，才可用加压钻进，当钻到一定深度后，钻具、配重的重量超过所需加压力以后，即用减压钻进。

2. 砂石泵

泵吸反循环钻机的出碴机构是砂石泵，砂石泵使用的好坏，直接影响到成孔的效率和质量，也可以说，钻孔的成败与砂石泵有着直接的关系。

表示砂石泵性能的主要参数包括：流量 Q、全扬程 H、吸程 H_s、自由通道直径 d。钻孔工作对砂石泵的要求是吸程要足够大，一般吸程要保证在 7 米以上，因为没有足够的吸程，就不能打比较深的孔，同时工效也会较低。对扬程的要求不高，因沉淀池距泵不是很远，一般沉淀池的水位还要低于砂石泵的安装位置，因此纯扬程有 5~15 米就够用了。自由通径的大小，关系到出碴粒径的大小，如 6 吋泵，自由通道直径是 150 毫米，小于 150 毫米的碴，理论上是可排出去的。8 吋泵，自由通道直径 200 毫米，小于 200 毫米的碴可排出去。因此自由通道直径，对于砂石泵来说是个重要参数。一般的水泵是没有这个要求的。砂石泵从出碴钻孔的角度考虑，希望可排碴粒径尽量大。但自由通道直径的大小和叶轮叶片的数目有关系，叶片数目多，泵效率高，通道直径小，叶片数目少，泵效率低，通道直径大。为了增大通道直径，就必须减少叶片数目，因此效率就要降低。一般砂石泵为二叶片，效率在 50~60% 左右。

对于流量 Q，从理论上讲，流量大，工效高，可抽吸碴粒径也大，但实际上，过大的流量，有可能带来不利的影响，甚至无法成孔。因为在实际钻孔中，切削量不可能太大，钻进速度也不可能太高。因此，如果流量太大，则主要是把循环水抽出孔外，含碴量并不大，也即浓度低。因砂石泵的特点是：抽吸介质浓度越高，则实际流量越小，浓度越低，流量越大，完全清水时，流量最大。因此，在含碴量少时，将造成孔内流速过大，对孔壁的冲刷太厉害，容易造成坍孔事故而无法成孔。

根据经验：当孔内垂直水流速度平均超过 10 米/分时，对最易坍的土质，就容易造成坍孔事故。如泵流量 $Q = 300 \text{ 米}^3/\text{时} = 5 \text{ 米}^3/\text{分}$ ；孔口径 $D < 0.8 \text{ 米}$ 时，对易坍塌土质就不易成孔，因孔内水流速度为：

$$V_n = \frac{Q}{\pi \times \frac{D^2}{4}} = \frac{5}{3.14 \times \frac{0.8^2}{4}} = 10 \text{ 米/分}$$

对于流量 $Q = 500 \sim 600 \text{ 米}^3/\text{时} = 8.3 \sim 10 \text{ 米}^3/\text{分}$ 的砂石泵，最小成孔直径为：

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \times V_n}} = \sqrt{\frac{4 \times 8.3}{3.14 \times 10}} = 1 \text{ 米}$$

对于 $Q = 180 \text{ 米}^3/\text{时}$ 的泵最小成孔直径为 0.6 米 。

由于砂石泵有随着介质浓度的降低流量增大的特点，因而当每转切削量少时，如比较硬的地层，吃力深度小，为了防止泵量过大，于孔的稳定性不利，则应调节泵的出口阀门，使其减小开度，以达到降低流量的目的，利于成孔。在地层很硬，吃力深度很小时，还可停止泵的工作，即光切削，不出碴。当积碴达一定程度后，再开泵出碴。这样重复进行，直到穿过这种地层为止。另外，随着孔的加深，即钻杆的逐渐加长，砂石泵的流量在逐渐降低，因此，在孔的深处，砂石泵出口阀门应保持大的开度，以保持较高的工效。

减小开度，虽然可防止泵流量过大，使泵的工作经常在其高效率区内，于孔壁的稳定性有利，但开度减小后，大粒径的碴就有可能无法通过阀门，此时应增大开度，待大粒径碴通过后，再把开度减小。这就要求操作者有一定的操作经验，一般从声音和出水量的变化上是能判断出来的。所以泵吸反循环钻机的出口阀门在工作中是要经常调节的，对于机械式操作的阀门，阀门处往往要专门设置一人与钻进操作者协调配合工作，对于液压操作的阀门，则可由一名操作者集中操作。集中操作利于协调配合。鉴于钻机工作时的阀门的频繁调节，国外已应用自动调节开度的阀门，这样既减轻了操作工人的劳动强度，又不易发生事故。

为了防止坍孔，泵的流量不能过大，但流量太小，一要影响工效，二要影响出碴粒径。因为固体颗粒是在液体的裹挟下运动的，液体流动速度达到一定值以后，一定重量的固体颗粒才能被液体所带动，并随液体一起上升，这个道理是明显的。因此，要求排碴的粒径越大。重量越重，对液体的流速要求越高。钻杆内液流的速度是和泵的流量成正比的，所以，只有当流量达一定值以后，所要求粒度和重量的碴才会随液体一起排出去。这就说明浮碴是有一定条件的。

浮碴条件是：液体的流速要大于固体颗粒的下沉速度。即浮碴时泥浆流速应为：

$$V_{\text{泥}} = K \cdot V_{\text{固}} \text{ (米/秒)}$$

K ：容量系数取 $K > 1$

$V_{\text{固}}$ 固体颗粒的下沉速度 (米/秒)

求出泥浆所需流速 $V_{\text{泥}}$ 后，即可确定砂石泵流量：

$$Q_{\text{泵}} = V_{\text{泥}} \cdot F \text{ (米}^3/\text{秒)}$$

固体颗粒的下沉速度 $V_{\text{固}}$ ，目前多采用李延格尔公式作为计算依据。但该公式的边界条件为无限大，而在反循环钻机中，足够大的钻碴要在有限的钻杆内运动。一般钻杆内径为 200 毫米 ，应能顺利排出直径为 150 毫米 的碴，有时碴的直径达 $180 \sim 190 \text{ 毫米}$ 或小于 200 毫米 的碴，都能排出去。在这种条件下，液体将会产生较大的阻力。由此可推断，应用李延格尔公式计算出的固体颗粒的下沉速度应大于实际上固体颗粒在钻杆内的下沉速度。因此，应用李延格尔公式计算出的下沉速度，是没有多大的实际意义的，只能作为参考。据了解，目前还没有切合实际的可靠算法。现国内外大多数泵吸反循环钻机使用的砂石泵，其清水流量在泵的最高效率点时，一般保证使钻杆内流速限制在

2~4米/秒以内。

泵出厂时的标定流量，是清水工况之流量。而实际工况是，液体中含有一定量的固体颗粒，此时实际流量将比标定流量有所降低。因此在确定了钻杆内水流速度以后，泵的流量也就确定了。而这个流量，是指实际工况流量，所选用泵的标定流量，必须高于实际工况时的流量，具体高出多少，要视实际工况液体的浓度而定。实际上，砂石泵工作时，输送液体的浓度是很不稳定的，变化很大。即使是很均匀的泥浆，性能的换算也是很复杂的，目前尚无可靠的计算方法。砂石泵工况与输送均匀泥浆的泵相差又很远，的泵因此更无法计算。因此选用泵时，最好经过试验，一经选定后，就要在工作中注意经常调整，并应限制最小施工孔径，已确保顺利成孔。

砂石泵一般为离心式泵。启动时需排除泵内空气。一般排气，常用两种方法：真空泵或注水泵。真空泵在砂石泵启动后，即完成了排气工作以后，可不停机继续工作，帮助砂石泵提高真空度。而注水泵启动后，即马上停止工作。现国外应用真空泵的较多，考虑国内情况和水平，觉得用浊水泵充水排气要好一些，因真空泵虽然体积小，占用空间少；但只能做为辅助砂石泵排气和提高真空度。目前国内已能设计制造吸程达8~9米的砂石泵了，真空度无需也不可能达到更高了，因泵的吸程受到大气压的限制，同时泵也不能在绝对真空下工作，它要受到气蚀的限制。而采用浊水泵即可做为反循环施工时砂石泵排气的辅助泵，又可做为在需要时用正循环施工时的泥浆泵。因为目前国内反循环高。还处于学习摸索阶段，而对于正循环法施工，已积累了一定的经验，虽然正循环施工的水平还不低，成孔质量差，但对护壁比较有利，因此，在地质条件较差时，可用正循环法施工。所以配备一台浊水泵，即可做为砂石泵启动时的注水泵，在必要时，又可做为正循环的泥浆泵，使钻机具有正、反两种循环的功能，在施工中根据地质情况的随时更换。这是比较适合我国国情的。另外，在反循环施工中发生堵钻时，浊水泵可向钻杆内充水，排除堵塞，在处理堵钻事故中能发挥一定作用。

四、泵吸反循环钻机施工工艺

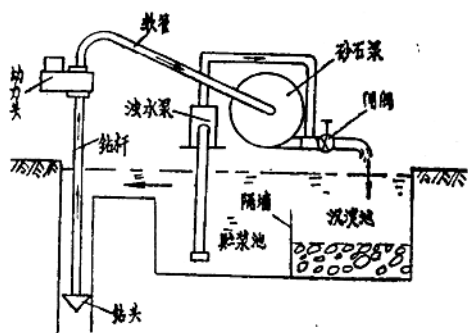
为使工程顺利进行，除有熟练的钻机操作工人外，还必须要有可靠的施工工艺做保证，也即施工一定严格按照工法的要求进行。

基础桩绝大部分是在土层中施工，翼形钻头应用较多。因此，这里只针对钻机用翼形钻头施工的工艺谈谈看法。

泵吸反循环钻机一般采用清水护壁，自然造浆，只有在地层极不稳定时才采用泥浆护壁。翼形钻头对于腐植土、一般粘土、坚粘土、砂土、砂砾以及粒径小于200毫米的中小卵石层均可成孔，对于抗压强度小于500~600公斤/厘米²的软岩也有一定的通过能力。对于中、硬岩或粒径大于 $\phi 200$ 毫米的卵石，可配以冲锤，击碎后排出孔外，但工效低。

1 井场布置

如下示意图一



图一

为了降低工程造价和减少污染，国外已采用（现国内也已使用）泥浆循环使用的泥浆回收设备：从砂石泵出来，含有碴的泥浆经振动筛，第一次把碴筛分出去后，泥浆（含未筛分出去的碴）用泵打入旋流器，做第二次浆碴分离后，合用的泥浆回到泥浆贮罐中去，泥浆贮罐中的泥浆通过管路即可自流回孔内。由于孔的不断加深，泥浆用量越来越多，再加上施工中泥浆的损失，因此，还要设置泥浆搅拌器造浆，不断

地给予补充。成孔后浇水泥混凝土时，孔内泥浆用泵抽回到贮罐中回收。泥浆贮罐设置许多个每个容量 $20\sim 25\text{米}^3$ ，工程大时，可用水泥混凝土做二个池子，（一个作沉淀池，一个作贮浆池）或一个池子中间设隔板。池的大小为钻孔容积的 $1.5\sim 3$ 倍。

施工中重要的是要保持孔内水头的稳定，因为水头的跌落是造成坍孔的重要原因。因此必须保持孔内水头的稳定，也即必须保证向孔内供水的可靠性。供水方式一般有二种：自流供水（又分等水位和高水位）和水泵供水。自流供水对保持水头的稳定最可靠，对孔壁的冲刷最小，设置和操作最简单，因此，条件许可时，尽量采用此法供水。水泵供水设备多，不易操作，而且不易保持水头的稳定，因此，不推荐采用。如果自流供水无法实现，非用水泵供水不可，则应设一缓冲池，水泵打入缓冲池后自流入孔内。不允许水泵直接打水入孔，因为这样水流可能冲击孔壁，造成坍孔事故。

沉淀池、贮浆池和水渠，除有足够的容量和过流面积外。还应不渗漏。否则由于渗漏有可能造成失水过多而影响水头的稳定，另外，由于水池，水渠距孔位都比较近，水池、水渠渗出的水有可能流入孔内或孔内水渗入水池、水渠中，这都将造成孔壁的失稳。因此，水池、水渠一定要做好防渗处理。

2. 孔口护筒

孔口护筒的作用是：①保护表层松散土层防止坍塌。②得到所需要的水头。③防止表层水的渗漏。④容易装置给水沟和给水管。⑤可作为下钢筋笼、水泥混凝土导管的承重台。⑥对于斜孔可起导向作用。

护筒的内径一般比钻头外径大 $10\sim 15\%$ ，护筒的长度根据地下水位高度、表层土质情况，在水中作业时的水深等情况而定。非水中作业，一般护筒长度以 $2\sim 3$ 米居多。

护筒材质主要是钢或钢筋水泥混凝土预制而成。

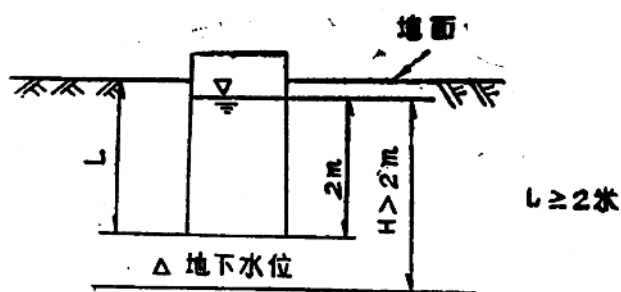
护筒的埋设方法一般有两种：①直接压入或夯入土层中。②先开挖后放护筒最后回填夯实第①种方法可靠但要一定设备。第②种方法即费工又不可靠，回填土一定要夯实处理好，不得透水。

在粘土以外的地表土中埋设护筒一般方法是：开挖深度比护筒埋设深度要多30厘米以上，然后回填粘土并要夯实。放入护筒后，要把护筒夯或压入回填粘土层中，以保证护筒底部与土层的密实结合以防渗水。护筒周围也要用粘土回填，分层夯实，不使渗

水。护筒周围的透水，很容易造成孔口的破坏，直接影响成孔的顺利进行，因此在正式钻孔以前，孔口的处理一定要重视。

护筒的埋设深度是由地下水位的位置和地层条件而决定的，各种情况埋设深度如下：

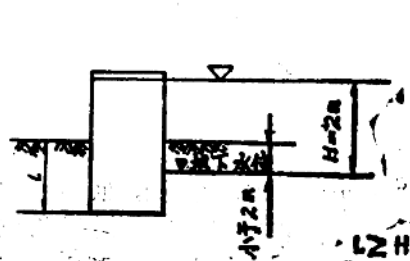
①地下水位超过 2 米时如下图二



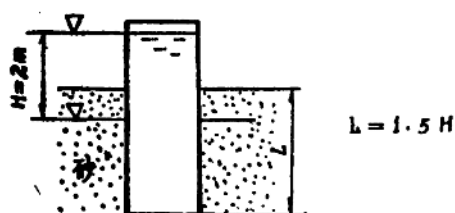
图二

②地下水位不足 2 米时，如下图三

③表层是砂土等透水地层时，如下图四

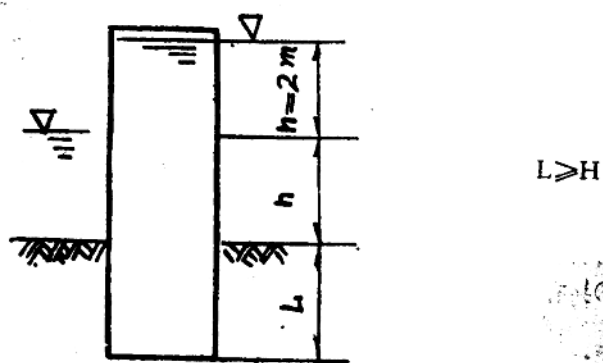


图三



图四

④水中，如下图五



图五

L: 埋设深度 (米)

H: 地下水位和护筒内水位差, 即水头, 一般取 $H = 2$ 米。

h: 地表水深度 (米)

当表层为砂等透水地层时(图四), 有由于涌水引起坍塌的危险, 因此一定要设法防止。理想的办法是使护筒穿过砂等透水地层, 埋入不透水层中, 但是, 当透水层很厚时, 势必使护筒的长度很长, 先这有时是很难实现的。解决的办法是, 人工回填自造不透水层。既如前所述, 孔口首先开挖, 开挖深度比护筒埋入深度至少要深30厘米以上, 然后填粘土夯实, 使之形成不透水层。另一种办法是用护壁效果显著的泥浆防止孔的坍塌。护筒的埋设深度也要适当加深, 一般为1.5倍的水头高: $L = 1.5H$ (米)。

护筒的埋设深度和埋设方式, 上面介绍的并不一定是最好的。因为护筒埋设深度、方法是在实践中不断摸索总结出来的, 有各种各样行之有效的方法, 其目的都是同一个。就是保证护筒衔接的严密, 不得有丝毫渗透, 最终达到保护孔口井壁的稳定性的。

3. 循环泥浆

一般地说, 对于反循环钻机除非地层极不稳定, 一般均用清水或自然浊水保持2米以上的的水头来保护孔壁的稳定性的, 当2米水头的清水或自然浊水不足以保持孔壁的稳定性的时, 必须采用可靠的泥浆以期达到满意的护壁效果。

泥浆的主要作用是:

- ①在孔壁上形成泥皮, 以保持孔壁的稳定性的。
- ②可阻止地下水 and 气体的涌出。
- ③泥浆可浮碴, 尤其对于正循环, 浮碴必须依赖比重大的泥浆。
- ④冷却钻头。

为了达到可靠的护壁目的, 泥浆必须具有下述性质:

①泥浆必须具有一定的粘度。此粘度应在一定范围以内, 即不可太大, 也不可太小。因工作对泥浆的要求是不但要有一定的上升速度(即泥浆不易离析), 还要使气体、砂等同泥浆混在一起时容易分离。这就要求泥浆的粘度在一定范围内, 泥浆粘度的上限应能保证气体、砂等的彻底分离, 下限应保证具有一定的上升速度。

②泥浆具有一定的屈服值(屈服值指流体处在连续流动状态时, 所需力的最小值。单位是克/米²), 屈服值达到一定值时, 泥浆运动停止, 钻碴也不会沉淀。屈服值如过大, 会使阻力加大, 消耗功率大。因此屈服值也应在一定范围内。

③具有不渗透的性质、泥浆中含有一定量的固体粒子, 这些粒子可把孔壁的空隙堵死, 形成泥皮, 即可防渗又可防地基裂变。当孔壁空隙较大, 涌水严重时, 可考虑填加大颗粒可膨胀物质, 如海带、豆类, 锯末, 破碎的核桃皮等, 其目的是堵死空隙, 形成泥皮, 防止渗漏。

④要有一定的比重, 这可抵制涌水和气体压力。

⑤具有稳定性。温度、压力变化时, 稳定性不受影响, 在孔的浅处与深处性质相同。

使地层稳定的泥浆, 最经济的是膨润土、临界胶束浓度剂, 一般把临界胶束浓度剂(CMC)作为膨润土溶液的添加剂膨润土的作用是: 膨润土粒子可填充孔壁空隙防止

渗透和防地基裂变。临界胶束浓度剂的作用是：在空隙间形成纤维状的临界胶束浓度液，可阻止渗透和防地基裂变，但作用不如膨润土那样全面。由于临界胶束浓度剂是一种纤维素，主要起隔水作用，防地基裂变作用不如膨润土。

泥浆的主要性质是指粘度、浓度和比重，对不同的不稳定地层，国外推荐采用的配比如下表：

地 质 条 件	浓 度 %	粘度 (秒)	比重 (克/毫米 ³)
含水少的砂层	8 ~ 9	25~30	1.045~1.050
含水多的砂层	9 ~ 11	30~40	1.055~1.060
有大压力地下水砂层	9 ~ 13	30~60	1.050~1.070
砂加粘土层	8 ~ 10	25~35	1.045~1.055
砂 砾 层	10~12	35~60	1.055~1.065

膨润土溶液中添加剂—临界胶束浓度剂时推荐配比如下表：

地 质 条 件	CMC%	膨 润 土 %
以粘土为主的地层	0.02	8 ~ 10
含水少的砂层	0.03	8 ~ 10
含水多的砂层	0.05	8 ~ 10
容易涌出地下水的地质	0.05~0.1	8 ~ 10

泵吸反循环钻机以及其他形式的反循环钻机，在施工中一定切记的两点是：

(1) 保持一定的水头

(2) 在不稳定地层，一定要应用合适的膨润土溶液。

如果以上两点得不到保证，就预示着失败就要来临，因此必须得到足够重视。

五、结束语

泵吸反循环钻机，我们搞的时间不长，研究的也很不深入，更由于理论的贫乏和实践经验的不足，积累的经验很少，教训也没及时总结，因此，本文除不一定恰当地部分引用国内外他人的经验外，自己的一些粗浅看法不但不成熟，可能还会有很多错误。为了对施工中所遇到的各种复杂问题能贡献一点点力量，可望批评指正，共同提高。

在地基基础处理中 混凝土灌注桩钻孔的施工经验

徐中胜

武汉地区采用钻孔灌注桩处理地基的建筑工程日趋增多，自81年冬以来，我队已完成两项桩基孔施工任务。

武汉卷烟厂四车间因厂房加层，基础产生不均匀沉陷，梁柱开裂。采用灌注桩加固措施。钻孔36个，孔径500—550毫米，孔深17—20米，总进尺为676米。

武钢一炼钢厂新食堂，地基开挖后发现下面有大型管道，改用灌注桩基础支承。钻孔24个，孔径400毫米，孔深9—11米，总进尺为293米。

正在施工中的湖北财经学院干训楼，部分地基下面有大型防空洞，设计采用钻孔灌注桩进行处理。钻孔25个，孔径800毫米，孔深21—39米，总进尺约为800米。

钻孔灌注桩具有施工设备简单，进度快，省钢材，造价低，无噪音，振动少，沉降小以及能在多种地层中成孔等优点，因此被广泛地应用。

我们勘察单位有较雄厚的技术力量和设备条件，特别是能对付人工土、砂卵石、风化岩和基岩等“难钻”的地层，为一般建筑施工单位力所不及。因此，在保证完成冶金勘察任务的前提下，适当地承担这类工程施工是我们勘察单位“广开门路”的一条较好的途径。

下面将我们在生产实践中的一些经验简介出来，以求批评指正。

一、设备及其改革

所采用的设备有SPJ—300型钻机一台，BWT型泥浆泵一台。如孔数多，又有轻亚粘土和砂层时，须备用一台泥浆泵，两台轮换使用及维修，以减少非生产时间。另须配备一台电焊机。一般场地均可接通自来水管，否则还要带一台供水水泵。

钻机和钻架等设备必须能适应施工场地的地面和空间的条件，还必须尽量轻便并易于孔间搬移。

钻机、转盘和电动机安装在两根200×200×5000毫米的机台上。钻架高度为4.8米（因为卷烟厂车间净空高度只有5米）、钻机、钻架可连成整体搬移，又可拆开搬移。在武钢工地，因为为在空场施工，钻架加高到6.3米。钻架做成四脚架较安全。在财院，因孔较深，钢筋笼长6米，为减少焊接时间，我们加工一付高9米的两脚架，用四根钢丝绳拉紧固定。将天轮和游动滑车改用承载力为5吨、轻便型的。架顶设有二个天轮，以便灌注混凝土时使用付卷场。