

岩土钻掘工程文集

'93全国岩土钻掘工程设备与工艺学术会议

中国地质学会探矿工程专业委员会编

岩土钻掘工程文集

'93全国岩土钻掘工程设备与工艺学术会议

中国地质学会探矿工程专业委员会编

一九九三年十月

**全国岩土钻掘工程
设备与工艺学术会议文集**

编辑：中国地质学会探矿工程专业委员会
水工环专业组

出版：中国地质学会探矿工程专业委员会
(河北省廊坊市金光道77号)

印刷：廊坊市齐远现代办公服务部

印数：2500册 责任编辑：冯国强

1993 年10月

准印证号：冀LN-9330

目 录

桩基工程

- 93-5269 广东珠海大桥直径2米大口径桥桩孔成孔施工实践..... 连鹿声 (1)
- 93-5270 嵌岩桩基孔大口径潜孔锤应用的新发展..... 蒋荣庆 (5)
- 93-5271 上海72米超深桩的施工及检测..... 张所邦等 (9)
- 93-5272 桩基孔硬岩钻进方法实用效果分析..... 李世京 (11)
- 93-5273 濠溪河铁路桥基深水大口径灌注桩及承台施工方法..... 胡俊仁 孙科义 (13)
- 93-5274 提高钻孔灌注桩施工经济效益的途径..... 薛征 许来仪 (16)
- 93-5275 陕西沙王渭河大桥基桩孔泵吸反循环钻进工艺实践与认识..... 石昆山 (19)
- 93-5276 大直径钻孔嵌岩扩底桩的技术实践..... 黄伯皋 梁大福 (23)
- 93-5277 钻孔灌注桩施工中导管堵塞的原因及预防措施..... 彭正华 (26)
- 93-5278 大口径砼桩压浆补强方法探讨..... 余五一 (29)
- 93-5279 用冲抓锥在卵漂石地层中钻进桩基孔..... 王德元 马金普 (33)
- 93-5280 钻扩桩施工中若干问题的探讨..... 陈 晨 (36)
- 93-5281 高层深孔钻孔桩施工要点浅析..... 刘 江 (39)
- 93-5282 广州-深圳高速公路钻孔灌注桩施工实践..... 张新民 (42)
- 93-5283 高层建筑深基坑振动沉管灌注桩基础工程施工..... 郑荣华 (46)
- 93-5284 超长钢筋笼在锤击沉管灌注桩中的应用..... 扬炳生 (48)
- 93-5285 提高振动沉管灌注桩单桩承载力的试验研究..... 吕贵龙 刘辉华 (51)
- 93-5286 振动沉管贯透片筏基础工艺方法..... 叶建伟 (55)
- 93-5287 在武汉水泥厂用夯扩桩施工沉管灌注桩的成功经验..... 刘振宇等 (58)
- 93-5288 振动沉管灌注桩施工质量及其经济效益..... 王焕波 (60)
- 93-5289 预制桩静压施工技术在软土地基中的应用..... 万金山 (62)

连续墙施工

- 93-5290 国外连续墙施工设备与工艺..... 刘广志 (67)
- 93-5291 已建厂房深基坑开挖防护桩施工实录..... 宋 涛 杨振奎 (74)
- 93-5292 排桩式地下连续墙技术的拓展..... 李筱甫 (77)
- 93-5293 首钢四高炉大修工程地下连续墙施工工艺..... 高喜晨 黄文祥 (82)
- 93-5294 钻孔压浆成桩技术在基坑挡土工程中的应用..... 魏思民等 (85)

地基加固处理

- 93-5295 南京中央商场基础工程中多工艺技术的综合应用..... 张成城 (87)

93-5296 粉体喷射搅拌桩机理及施工技术.....	谢俊 (90)
93-5297 单向摆喷注浆加固地基技术.....	杜嘉鸿 张学文 (95)
93-5298 粉喷桩搅拌钻头研制.....	宋亚伟 (101)
93-5299 三种管高压旋喷进行廊道封底的应用.....	陈武略 (103)
93-5300 高压旋喷注浆技术在上海地铁端头井加固中的应用.....	李文华等 (105)
93-5301 深层搅拌桩在天津的应用及前景.....	蔡文芳 (108)
93-5302 深层搅拌桩加固地基实践.....	颜景忠 (113)
93-5303 深层搅拌法对陶瓷碎片杂填土地基加固工艺及效果.....	刘卫东 邓启发 (117)
93-5304 复杂土质地层处理初探.....	张文清 (120)
93-5305 电渗-强夯综合法加固软弱地基的实践.....	赵建国 朱文凯 (124)
93-5306 水库坝基风化夹层的固结处理.....	李大强 (128)
93-5307 管井降水疏干的应用效果.....	杜龙明 (130)
93-5308 桩底软弱基础灌浆加固的开发与应用.....	蒋俊杰 (133)
93-5309 一种桩体高压灌浆补强的新方法.....	江丕光等 (137)
93-5310 水下软基处理工程设计与施工.....	肖耀华 (140)
93-5311 灰坝排渗减压钻孔碎石桩的施工方法.....	文振清 (147)

锚固技术

93-5312 海口华发大厦基坑护壁锚杆加固.....	孙遵勤 (149)
93-5313 富春江水利枢纽坝址保护水下锚筋桩施工.....	陈大清等 (152)
93-5314 深圳南山海滩造地的锚桩施工.....	曲建强 (155)

钻(洗)井液

93-5315 理化洗井.....	陈友庭 (157)
93-5316 砂砾石层旋喷成孔冲洗液研究与应用.....	彭振彬 (160)
93-5317 GNJ-2A型泥浆净化机的设计与研制.....	许洪武等 (164)
93-5318 反循环钻进上返流速的合理确定.....	陈逸 (168)

设备、仪器

93-5319 GPS-10型钻机与GPS-15型钻机使用效果.....	陈如号 (172)
93-5320 CDJ-1型超声波大口径桩孔检测仪.....	杨春明 (175)
93-5321 HS-12型多功能钻机.....	王道乐等 (178)
93-5322 钻孔灌注桩钻岩石用焊齿滚刀及滚刀钻头的研制.....	董欣 (180)
93-5323 简易扩底钻头及其使用效果.....	周安全等 (184)

坑道掘进、爆破

83-8341	黄沙坪斜井施工技术.....	徐华启 张仲伦 (186)
93-8342	银洞坡金矿西风竖井施工工艺.....	杨冠洲 (189)
93-8343	新奥法在地质坑道和大断面隧道中应用研究.....	梅照光 (192)
93-8344	空气潜孔锤钻进技术在沙卵石层管蓬水平钻孔施工中的应用.....	孙耀民等 (199)
93-8345	烟囱控爆拆除的施工技术.....	张建武 (195)

其 它

93-5324	现代岩土钻凿工程及其应用.....	耿瑞伦 (201)
93-5325	分层标与水位观测孔合二为一的施工工艺.....	邵俊琪 (205)
93-5326	大口径液动锤技术及其效果.....	王人杰 甘行平 (207)
93-5327	钢筋混凝土构筑物中钻进成孔.....	张寿忠 (210)
93-5328	土石坝观测孔钻进方法的研究.....	卢文阁 (213)
93-5329	水上钻探施工工艺和管理.....	邱绍祖 (216)
93-5330	可控水平穿越孔技术在管道敷设中的应用.....	杨志豪 (219)
93-5331	天津市地面沉降工作中的钻探技术.....	黄自培 (223)
93-5332	工程灌浆钻孔中新型碎岩工具的开发应用.....	徐祖宽 (226)
93-5333	国外地基处理施工设备和施工技术的新进展.....	宋翔雁 (230)

摘 要

93-5334	帷幕灌浆法在平顶山遗骨馆中的应用.....	张维正 (239)
93-5335	国货路人防工程上的钻孔灌注桩施工.....	程华仁 (240)
93-5336	用抗滑柱桩治理滑坡.....	牟翠华 (241)
93-5337	空气双管反循环潜孔锤钻探在凿井中的应用.....	段绍锭 (242)
93-5338	人工挖土灌注桩施工技术.....	左松岩 (243)
93-5339	排桩式地下连续墙在海南某住宅楼倾斜纠偏中的应用.....	陈宝治 (244)
93-5340	搞好工程预决算提高岩土工程效益.....	刘建勋 (245)
93-5341	RPS-1500型钻机在盐田开发施工中的应用.....	王道乐 (246)
93-5342	地热井施工技术.....	廖玖元 (247)
93-5343	锚杆加固基础掏土偏斜方法.....	颜景忠 (248)
93-5344	镇海石化总厂过甬江油气管灌浆技术.....	颜景忠 (249)

注：文题前面数字是论文编号

广东珠海大桥直径二米大口径 桥桩孔成孔施工实践

上海勘察院 连鹿声

摘要 本文通过对珠海大桥桥桩孔的成孔施工实践,对采用滚刀钻头、泵吸反循环工艺,施工 $\Phi 2.0\text{m}$ 和 $\Phi 2.2\text{m}$ 大口径桥桩孔的尝试进行小结,并对施工工艺参数、水上平台作业对大口径施工机械设备的技术要求、事故处理、滚刀钻头在软土地层中钻进的可行性等提出探讨和看法。

关键词 滚刀钻头 电焊复合硬质合金楔齿滚刀 孤石 大直径合金切割钻头

一、工程概况

珠海大桥位于珠海市西部,在拟建市区经南屏至三灶岛的城市快速干道上,跨西江的磨刀门水道,为一座设置分隔带的双线桥。全宽31m,全长2950m,共分三个标段。二标段位于江中心,全部水上平台作业,共28个墩,每墩4孔,墩向跨径为40m。

根据地层情况,设计桩型分摩擦桩、支承桩及嵌岩桩三种,孔深为50~70m,由交通部公路规划设计院设计,该标段由交通部二航局一公司负责施工,我院受二航一公司委托负责50个桩孔的成孔任务。提前15天完成施工。

1. 施工段地层情况

(1)上部为第四系沉积层:自上而下为淤泥质粉砂层、淤泥层、亚粘土层、含砾中粗砂层、淤泥质粘土层、残积砾质亚粘土层所组成。淤泥复盖层厚度为20~53.5m,平均厚度为43m左右。属高压缩、低固结、大流变的极软土层,含砾中粗砂沉积层厚度为0~25m,变化较大。

(2)下部为中生代燕山期侵入的基岩:由全风化、强风化、中风化及微风化花岗岩组成,属极硬岩层,其中微风化花岗岩的抗压强度在133.7~213.7MPa。埋深为43.6m~68.1m,且起伏变化较大,局部有孤石,施工难度较大。

2、技术要求: (1)支承桩:要求入新鲜微风花岗岩岩面; (2)嵌岩桩:对 $\Phi 2.0\text{m}$ 桩孔要求入新鲜微风化花岗岩1.6m;对 $\Phi 2.2\text{m}$ 桩孔要求入新鲜微风化花岗岩1.7m; (3)上述两种桩型要求孔底沉淤为5cm; (4)其它如孔径、孔斜、泥浆指标等均按“公路桥涵施工技术规范”要求进行验收;

(5)验收由大桥指挥部监理工程师、市质检站及设计院联合验收,包括孔深、岩面性质的认定及签证。

二、设备选型及钻具配备

1、设备选型:

根据我院现有设备情况,不新添设备的原则下,选择了郑州勘察机械厂生产的ZJ-150-I型2台;上海探矿机械厂生产的GPS-30型钻机1台。对ZJ-150-I型钻机,考虑其一速圆周速度过大,故更换了传动大皮带轮,使原15r/min降至10.5r/min,同时也使一速扭矩由2.22t·m提高到3.17t·m,以满足施工要求。

2、钻具配备:

(1)钻杆:原想采用齿卡式插接钻杆,但由于时间不允许而未能如愿,故ZJ-150-I型钻机配用 $\Phi 180 \times 14\text{mm}$ 法兰钻杆,长度为6m和3m两种;GPS-30型钻机配用 $\Phi 245 \times 20\text{mm}$ 法兰钻杆,长度3m/根,该钻杆的配置考虑了大口径污水井的施工;

(2) 钻头: 采用滚刀钻头, 选用洛阳矿山机械厂锻冶处的12" 电焊复合硬质合金楔齿型非标滚刀经组装焊接而成, $\Phi 2\text{m}$ 钻头共布11把滚刀, 其中边刀4把、正刀7把, 分6圈排列; $\Phi 2.2\text{m}$ 钻头布12把, 边刀4把, 正刀8把共6圈排列。均不用中心刀, $\Phi 2.0\text{m}$ 、 $\Phi 2.2\text{m}$ 各两只。(见图1)。

(3) 粗径钻具及配重: 考虑到其强度及可靠性, 两套钻杆的粗径钻具全部用 $\Phi 245 \times 20\text{mm}$ 管子制成, 可直接与 $\Phi 245 \times 20\text{mm}$ 法兰钻杆连接。对 $\Phi 180 \times 14\text{mm}$ 法兰钻杆则用变径接头连接, 为保证排渣通畅的一致, 在 $\Phi 245 \times 20$ 的粗径钻具内壁衬焊 $\Phi 168 \times 9\text{mm}$ 管。粗径钻具由滚刀钻头、加重块及其芯管、扶正器及其芯管组成。加重块重2.5t/组, 6" 钻杆加配重5t, 8" 钻杆加配重2.5t, 两套钻具按60m计, 总重均在15t左右;

(4) 泵系: 与钻杆相适应, 选用6" 砂石泵2台和8" 砂石泵1台, 8" 砂石泵的配置既考虑了本工程的施工, 也考虑了大口径污水井的施工需要。另各配3PNL泥浆泵1台, 以用于铺浆及清沉淀池用, 或作正循环用泵。

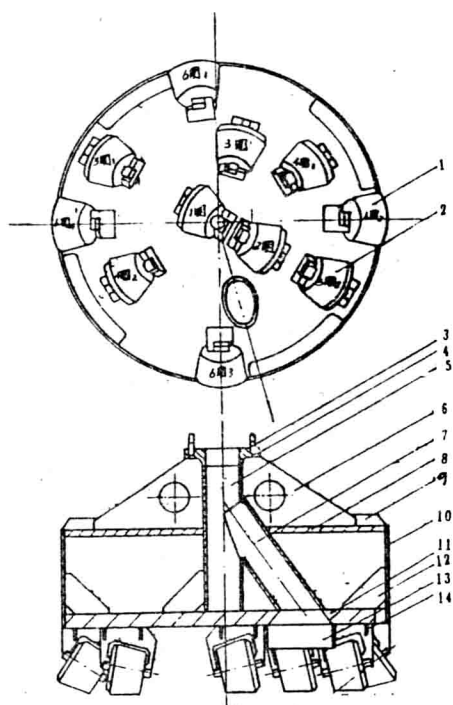


图1 滚刀钻头

- 1-边刀; 2-正刀; 3-销; 4-上法兰; 5-中心管; 6-加强筋板; 7-引导管; 8-上盖板; 9-导引圈; 10-扶正圈; 11-刀盘; 12-筋板; 13-吸渣口; 14-滚刀架筋板

三、施工工艺:

系采用滚刀钻头、自然造浆泵吸反循环一次成孔施工工艺。也曾考虑过在第四系软土层中用梳齿或刮刀钻头钻进, 至基岩换用滚刀钻头的施工方法, 但因ZJ-150-I型钻机在换钻头时须将钻机移开, 换好钻头后再将钻机移至原位施工, 有个二次对孔位的问题, 对质量及钻进不利, 另外辅助时间较长, 并须吊车配合。机具上还须投入数只梳齿或刮刀钻头, 增加了费用, 也给面积不大的水上平台作业带来不便而未能采用。但也有疑虑, 即在第四系软土层中用滚刀钻头施工易糊钻, 可能给施工带来麻烦。经实际施钻仅在淤泥质亚粘土这一层中有此问题。

1、工艺参数:

(1) 转数: 考虑钻机扭矩较小, 故两种类型钻机均用最低档转数, 这样对ZJ-150-I型钻机, 施工 $\Phi 2.0\text{m}$ 孔时, 钻头圆周线速度为1.1m/sec; $\Phi 2.2\text{m}$ 孔为1.12m/sec, 对GPS-30型钻机, 施工 $\Phi 2.0\text{m}$ 孔时, 钻头圆周线速度为0.84m/sec, $\Phi 2.2\text{m}$ 孔为0.92m/sec。从实钻情况看, 扭矩尚能满足施工需要。

(2) 钻压: 同样受钻机扭矩的制约, 按孔深60m计, 终孔孔底压力最大均为15t左右。

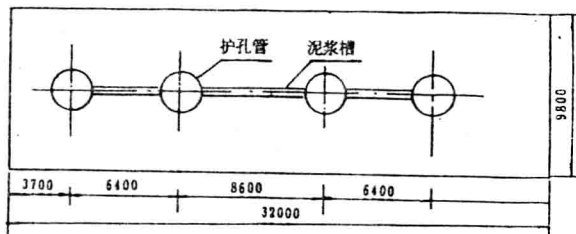


图2 泥浆循环系统平面示意图

施工中进入微风化花岗岩层一般加压在10~12t左右时,机械钻速为0.06m/h~0.1m/h。

(3) **泵量**:一般取砂石泵的最大值。

2、泥浆系统及指标:

(1) **泥浆系统**:系利用平台护孔管作为泥浆池和沉淀池,每平台为4个护孔管,其直径 $\Phi 2.0\text{m}$ 桩孔为 $\Phi 2.3\text{m}$; $\Phi 2.2\text{m}$ 桩孔为 $\Phi 2.5\text{m}$,护孔管中心间距两边各为6.4m,中间为8.6m,其间均用钢板制槽连接,槽宽0.5m,槽深0.4m。槽低于平台面0.3m。(见图2)。一般除施工孔外有一个护孔管作为泥浆池,另一护孔管作为沉淀池即可。

(2) **泥浆指标**:由于下部地层有砂层,含砾中粗砂层及基岩等不造浆地层,且基岩的钻进时间较长,为防坍孔和确保孔的安全,施工组织设计将钻进泥浆密度定为1.15~1.25;漏斗粘度定为18~22s,而二次清孔后的泥浆密度定为1.15~1.20;漏斗粘度不变,但也担心由于渣浆比高而影响泵吸效率,而实践证明是需要的。

四、施工体会:

1. 关于泥浆及其指标

(1) 对顶部的淤泥质粉砂层,因其含泥较少,对造浆及机械磨损均不利,故采取将该层全部排除不予造浆的措施,从第二层河口相淤泥层开始造浆取得了良好效果;

(2) 在施工第一孔(27-4孔)时,该孔设计桩径为 $\Phi 2.2\text{m}$,设计孔深为51.67m,护孔管长度为21.48m,入土深度17.71m,施工时泥浆用施工组织设计指标,当钻进至离护孔管底部1m时,由于护孔管底部变形,钻进中钻头碰撞护孔管而造成护孔管底部漏浆,在采用补清水维持水头钻进过程中(当时未准备粘土),致使泥浆密度下降,终孔泥浆密度为1.07,漏斗粘度为19s,地层为全风化花岗岩,继续补水清孔,泥浆密度下降到1.04,漏斗粘度下降到16s,清渣极限只能到0.8m,并造成37.03m~51.53m全风化花岗岩层发生坍孔现象。从该孔的施工使我们认识到泥浆指标对成孔特别是对全风化花岗岩地层的影响程度,在以后的施工中,按施工组织设计指标要求进行施工,均未发生问题,且沉淀均能达到设计要求,摩擦桩在10~20cm之内,嵌岩桩在5cm之内,对成孔质量起决定性作用。

2、对微风化花岗岩孤石的施工问题

微风化花岗岩孤石是珠海大桥桩孔成孔施工的一大难题,特别是位于钻孔边上的孤石,其特点是抗压强度大、硬度高,而滚刀钻头遇孔边的孤石时,由于滚刀的自转滚动,往往使钻头让过孤石而产生孔的偏斜,孤石厚度一般在1m左右,当钻头穿过孤石,因其自重在地层中又向中心调回,故下部钻头及粗径钻具是在受挠曲的重复应力下工作,很易造成法兰钻杆销子及高强度螺栓折断,钻头或粗径钻具掉入孔内的重大事故。若打捞不上来,经济损失可观,钻头约6~8万/只,并将该孔用混凝土灌满,另补2根 $\Phi 1.8\text{m}$ 桩,补桩须打入新的护孔管及搭设平台,既耗资金又误工期。我院在该桥施工期间曾发生过4次因遇孤石致使钻杆螺栓折断而钻头掉入孔内的恶性事故,折断深度均在50~55m左右。其中42-1#孔打捞较为顺利,其余3孔均能打捞到,但提升时遇孤石处受卡,提升力达20~30t之间,已超过塔架和卷扬的容许荷载,仍因受卡而未能出。另外,考虑到支承桩和嵌岩桩的钢筋笼均要下到底,就是能提出来,下钢筋笼也有问题。为确保工程质量,我们采取了将孤石切割掉的处理方案,加工了一只 $\Phi 2.2\text{m}$ 大直径合金切割钻头钻割孤石,经钻割后均顺利将钻头打捞上来,从而避免了重大损失,又保证了工期和质量。

3、对大口径嵌岩桥桩孔施工设备及钻具的一些看法

随着改革开放的深入,城市市政建设步伐的加快,就目前珠江三角洲地区而言桥梁甚多,桩

径大都在 $\Phi 1.8\text{m}$ — $\Phi 3.0\text{m}$ ，例如珠海横琴大桥主桥墩桩孔设计直径就为 $\Phi 3.0\text{m}$ 的嵌岩桩，目前采用Z—1型煤矿竖井钻机进行成孔，属大马拉小车，且因设备重量大而造成平台搭置费昂贵，这是水上作业施工的特点。根据我们在珠海大桥施工 $\Phi 2.0\text{m}$ 及 $\Phi 2.2\text{m}$ 直径的桩孔，用ZJ—150—1型及GPS—30型钻机而论，尚能施工，但均感扭矩不足，致使加重块不能配足，特别是遇抗压强度较高的基岩中钻进，效率不高，达不到钻探工艺的要求，这是其一。另外，对ZJ—150—1型与GPS—30型两种钻机，从提升粗径钻具的方便性来讲，则后者优于前者。GPS—30型钻机能在不移动钻机的情况下，自行一次将粗径钻具提出孔口，这给施工带来很大方便。如检查钻头及粗径钻具，更换钻头、更换或修补滚刀、处理事故等操作均较为方便和自主，不需要吊车协助。而ZJ—150—1型钻机在进行上述操作时，除必需移动钻机才能完成处，且须有吊车配合。因此，从钻机结构来讲，用GPS—30型钻机施工大口径工程钻孔，结构可取，只须提高钻机扭矩和提升能力，增加了滚杠机构，使其前后左右的移动均极为方便，不难解决。其三是虽目前国内一些钻机生产厂家也生产了几种用于大口径工程施工的钻机，如郑州勘察机械厂的QJ—250型及QJ—350型，但该两种机型均存在自重重大且移动不便的缺陷，在水上平台施工大口径桥桩孔情况下，会给平台搭设增加费用，也给平台上钻机移动孔位带来不便，其优点是在扭矩和提升力方面占有优势，能满足施工工艺的要求。作者在施工现场还看到一台钻机，据说也是郑州勘察机械厂生产的。该机除底盘开挡大以外，其起塔油缸安装在塔腿前面，钻塔可以前倾，这样，将钻头提出孔口后，只须将钻架前倾，即可将钻头放落在钻机的前方，起到起吊和移位的作用，给施工带来了方便，因此该机起塔油缸的位置设计是一独到之处，一改传统，方便施工，但移动不便，只需稍加改装即能更适用于大口径嵌岩桥桩的水上施工。

综上所述，我国在工程施工钻机方面已发展到一定程度，只需在某些部分稍加改进，取长补短即可将我国大口径工程钻机推向一个新的高度并逐渐系列和完善，也将为我国大口径工程施工领域推向新的阶段，带来更大的效益。

钻具方面，从我们施工情况来看，GPS—30型钻机选用 $\Phi 245 \times 20\text{mm}$ 钻杆，经计算其抗扭矩强度为 $20\text{t} \cdot \text{m}$ 左右，而钻机转盘扭矩为 $3\text{t} \cdot \text{m}$ ，因此安全系数为6.67；ZJ—150—1型钻机选用 $\Phi 180 \times 14\text{mm}$ 钻杆，抗扭矩强度为 $7.8\text{t} \cdot \text{m}$ ，钻机转盘扭矩为 $3.17\text{t} \cdot \text{m}$ ，安全系数为2.46，均未发生过钻杆断裂现象，而折断部位均在法兰螺栓和销子处，这一方面与施工地层遇到孤石，使钻杆工作状态恶化有关，但另一方面也是钻杆法兰销子的设计与工艺不合理所造成。这虽是小问题，但影响极大，建议销子直径加大，改变原销子直接插入销孔内在其底部焊接的工艺，而应在销子底部加凸缘后由下往上插入再行施焊，避免脱焊后销子上窜，因我们所断均属此情况。

4、楔齿型滚刀钻头在第四系软土地层中的机械钻速

经最初施工的29个桩孔资料的统计，楔齿型滚刀钻头在第四系地层中的机械钻速最高为28—2#孔， $V_{\text{max}}=1.54\text{m/h}$ ；最低机械钻速为33—4#孔， $V_{\text{min}}=0.49\text{m/h}$ ；29个孔的平均机械钻速为 $V_p=0.99\text{m/h}$ 。施工中未用过梳齿或刮刀钻头进行换钻头钻进，故无从对比。

五、结束语

采用电焊复合硬质合金楔齿型滚刀钻头施工大口径嵌岩桩是我院的第一次尝试，主要是为我院承接大口径基岩污水井的开拓作技术准备。通过施工实践，感到矛盾最大的还是设备能力与设备结构问题，至于钻具和施工技术两个问题只要经过不断摸索和同行们共同研讨，总结经验倒不难解决，对提高基岩的钻进效率，且盼我国在潜水冲击回转钻具于大口径上有一新的突破。

嵌岩桩基桩孔大口径潜孔锤应用的新发展

长春地质学院 蒋荣庆 殷琨

摘要 文章分析了大口径嵌岩桩基孔的特点与要求,认为硬质嵌岩桩基孔是目前钻孔灌注桩的一大难题。传统硬岩钻进的方法目前仍在用,但很难满足要求。文章具体介绍了新研制的大口径混式反循环闭型贯通式潜孔锤钻具系统以及试验用的配套设备、机具、钻进规程参数及其使用效果。

关键词 嵌岩桩 混式反循环 闭型贯通式潜孔锤 三通道钻杆

随着经济建设的高速发展,全国城市建筑以及其它地下基础工程设施工作量大幅度增加,如:东南沿海经济开发区的高层建筑、高速公、铁路及桥梁等发展迅速,这些工程都要求施工钻孔灌注桩,并且要求桩底自然嵌入基岩,以提高桩的承载能力和抗御自然灾害的能力,延长建筑物的使用年限。

一、嵌岩桩施工的特点及要求

1. 钻孔浅、直径大。使用硬质合金钻头回转钻进时,现有钻孔设备对单位面积上轴压力很难达到要求,如中硬岩层钻头压力按每厘米钻头直径1.5~3.0KN计, $\Phi 1m$ 钻头需压力150~300KN,这样大的钻压在浅孔很难满足,最佳的钻进方法,应将静压回转切削破碎岩石改为动载冲击。

2. 钻孔地层复杂。在一个深度十余米或数十米的孔内,地层变化很大,包括软层(如人工填土、砂土、粘土、淤泥等)和硬层(如卵砾层和硬质基岩等)。钻进软层进尺工作量大,容易钻进,但往往孔壁稳定性差,经常出现塌孔、超径,所以要求钻进方法不仅具有护壁和不扰动孔壁,而且要求钻孔速度快、裸孔时间短;硬层钻进量在钻孔中通常只占总进尺的10~20%,但钻进时间要占总钻进时间的一半以上。提高硬层钻进效率,是当前嵌岩桩钻进亟待解决的关键问题。

3. 钻孔直径大,孔底全面破碎,单位时间产生的岩粉量大,为保持孔底干净,免于重复破碎或埋钻,要求钻进方法应具有高的排粉能力。

4. 为了使建设资金充分发挥作用,甲方往往用高标价来要求缩短施工工期。而城市高层建筑往往场地狭窄、钻孔密集、间距小,不可能增开过多的钻机,就要求钻进方法必须达到高速度。

二、目前常用于硬岩基桩孔的钻进方法

1. 普通硬质合金回转钻进法

这是地质勘探钻孔广泛使用的一种钻进方法,由于钻头结构简单、成本低、购买方便,也可自行设计制造,对于钻进软质地层效果好;辅助设备少,操作简便;对钻机要求低,可将地质勘探钻机改造使用。硬质合金钻头有(1)翼状钻头,如两翼、三翼、四翼;结构形式又分为双腰带笼式钻头、全锥形钻头;(2)筒式钻头,又分为内螺旋耙齿式、筒式捞石式等。不论钻头形式如何,钻头齿都要在轴向压力作用下切入岩石,对地层实行回转切削作用破碎岩层。钻进硬岩层时的实践表明不仅效率低,钻头磨损严重,无法进尺。硬质合金回转钻进也不适合钻进卵砾石层。

2. 钢绳冲击钻进法

冲击钻进法从古代钻凿盐井开始发展到现在的水井、工程施工。适合于漂石、卵砾石层的钻进,也可用于钻进部分强风化、中风化基岩。这种方法主要缺点是:(1)钻进效率低。纯钻进时间利用率也低,因而总的钻进效率比大口径潜孔锤钻进低20倍以上。(2)钻进非均质地层,如操作不当,钻孔容易偏斜,钻孔断面的圆整度和孔底的平整度也较差。(3)由于钻头上下冲击对孔壁地层

产生震动和侧压力变化,容易导致垮孔和超径。

3. 冲击反循环钻进法

该方法是钢绳冲击钻的完善和发展,即在冲击钻头冲击碎岩同时,利用反循环设备,在钻孔内形成冲洗液反循环,岩屑随同冲洗液由排碴管(此管不回转)排到地表,减少了重复破碎,特别是被钻头疏松的砂砾石可不经破碎直接排出孔外,减少了钻头碎岩工作量。这既提高了钻进效率,又减少了钻头磨损。

4. 牙轮、滚刀钻进法

牙轮、滚刀钻进是目前一种广泛用于大口径硬质基岩的钻进方法。牙轮、滚刀是一种多刃组合式碎岩工具,它以轴承装在自身的回转轴及其支座上。工作时,既绕钻头中心轴线回转(公转),又绕其自身的心轴回转(自转)。在回转过程中,交替地变换碎岩齿刃。碎岩工具-牙轮和滚刀为独立克取碎岩的部件,单独安装在钻头体上,可根据不同的钻头直径,所钻岩层特性合理分布,做成不同直径的钻头。牙轮呈全锥形,由于其心轴一端不外露,故均采用支点悬臂支承结构;滚刀多呈截锥形,心轴两端外露,故采用双支点鞍式支承结构。钻进硬岩一般均镶硬质合金柱齿。钻头按整体形状可分为锥形阶梯式和平底式两种钻头。岩屑的排除采用正、反循环均可。牙轮、滚刀钻进硬质基岩必须有足够的压力做保证,例如用加重钻链和配重块等。

5. 钢粒回转钻进法

钢粒回转钻进用于大口径坚硬岩石钻进有一定的优点。特点是作为碎岩磨料的钢粒在钻头唇面之下翻转滚动而产生纵向脉动冲击并破碎岩石。因此,可以钻进可钻性7级以上的坚硬致密的或研磨性很大的岩层。钻进过程中当钢粒消耗后可以继续补给,可以获得较长的钻程。由于嵌岩桩口径大、钻屑多,冲洗液量大,钢粒的粒度必须较常规地质勘探用的钢粒为大。例如用 $\Phi 18$ 、 $\Phi 16$ 、 $\Phi 14$ 钢筋切割成圆柱钢粒(其硬度应稍高于钻头体的硬度)。大口径硬质基岩用钻头可以是筒形的,也可以是全面钻进的。

6. 潜孔锤钻进法

潜孔锤(冲击回转)在矿产钻探、水井和矿山露天开采中广泛使用。尤其是硬岩和卵砾石层提高钻进效率的有效方法;并可有效地减少钻孔弯曲。应用范围愈来愈广。潜孔锤按冲击器用的动力介质可分为液动、气动和气液混合三大类。以前两种应用为多液动冲击器研制成大冲击功的难度很大,我院近几年着重研制气动潜孔锤,以期突破大直径硬质基岩孔钻进的难题。气动潜孔锤钻进,质量较小的活塞(冲锤),冲击力峰值瞬间可达几十吨力至几千吨力,使孔底岩石产生体积破碎,因而该方法是解决大直径硬岩桩孔的良好途径。结合采用反循环,其上返流速高且恒定,不受孔径变化影响,排屑能力也强。反循环有泵吸反循环、气举反循环等方式。用潜孔锤施工嵌岩基桩孔时,用护孔介质由孔口灌入,由钻孔内返出,以维持孔内压力平衡,保持孔壁稳定。

空压机是驱动潜孔锤工作的动力源。大直径潜孔锤耗风量大,空压机选型是关键问题。我国多数施工单位现只拥有常规的低压型空压机,潜孔锤钻具系统应能适应低风压工况。为此,潜孔锤设计为贯通式闭型结构,钻具为并列式三通道,压气与钻孔完全封隔,实现进、排气全程闭式循环,不受孔内液柱压力、岩屑及循环阻力等因素的影响,从而大大减小了潜孔锤所受背压,为使用低压型空压机创造了条件,并且有利于钻进深孔。根据上述设计思路,由长春地质学院研制,上海探矿机械厂试制加工的FGC-15型大直径硬岩潜孔锤钻具系统,较好地实现了上述的钻进工艺方法。

大直径潜孔锤钻具分单式和复式(集束式)两种。复式潜孔锤钻具已在日本、美国等成功采用。如日本TONE公司的MACH钻具系统,意为潜孔锤和液体反循环相结合,是由多个孔锤联结在一起的组

合式钻具。一般为三个或更多，如图1所示。孔径 $\Phi 300\text{mm} \sim \Phi 1500\text{mm}$ 。其另一特点是在每个钻头之间加有牙轮钻头，用于辅助碎岩，在砾石层中钻进起到修整孔壁作用。由于一个潜孔锤带动一个钻头，使得钻头质量小，改善了能量传递条件，能量利用率优于单式潜孔锤。该钻具重量和耗风量较大，需有庞大的辅助设备和大风量空压机。试验证明（参见图2）在钻压和转速低于牙轮钻头5~6倍条件下钻进硬岩，其钻速可提高3~10倍。应该说这种方法是硬质嵌岩桩孔钻进的发展方向。

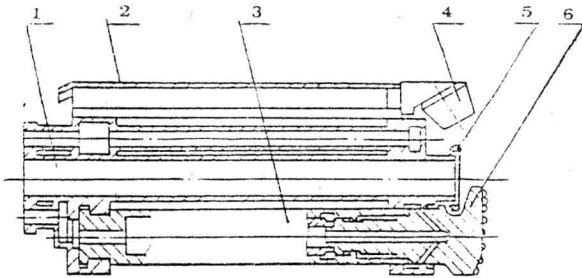


图1 MACH 钻具

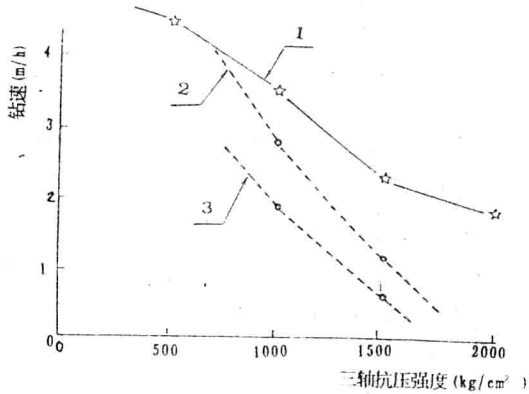


图2 MACH 和牙轮钻头在不同地层钻速比较

1-MACH 90R钻具；2、3 -牙轮钻头

三、我国FGC-15型大直径潜孔锤钻进实例

1. 安徽淮南凤台县化肥厂嵌岩桩钻进试验

生产试验于1990年5月至10月8日分两期在该县化肥厂厂房基础灌注桩工地进行。共完成 $\Phi 800\text{mm}$ 桩孔27个，基岩累计进尺20.73m，潜孔锤基岩纯钻进18.37h，平均时效1.13m。

桩孔地层情况，自上而下依次为：人工杂填土，以下是冲积亚粘土，基岩为钙质石英砂岩，岩性结构致密，可钻性8级以上。施工设备是上探厂生产的GPS-15型反循环钻机及低压型 $17\text{m}^3/\text{min}$ 和 $6\text{m}^3/\text{min}$ ，空压机各一台，并联供风。钻进时钻机转速13r/min，钻压30~40KN，反循环泵量 $180\text{m}^3/\text{h}$ 。

潜孔锤基岩进尺在不同供风量条件下的钻进效率见表1：

表1

供风量 (m^3/min)	工作风压 (Mpa)	纯钻时间 (h)	进 尺 (m)	平均时效 (m/h)	岩 性
6	0.3	4.3	1.655	0.38	风化基岩为主
17	0.56	13.94	18.935	1.36	风化、新鲜基岩
23	0.7	0.133	0.14	1.053	新鲜基岩

生产试验表明，潜孔锤启动风压低，工作稳定可靠，可与生产单位拥有的低压常规空压机匹配。该潜孔锤钻具系统操作简单，易于掌握。是解决硬岩桩孔施工的有效措施。试验中与同一工地的直径 $\Phi 600\text{mm}$ 的牙轮钻进对比，钻进效率提高了10倍；与同工地的钢粒钻进相比，提高工效近20倍。

2. 福建省某市30层大厦嵌岩基桩孔钻进试验

该大厦占地 6284m^2 ，建筑面积 46000m^2 ，由主楼和群楼组成，主楼高98m，地面为28层，地下2层，深9.5m，设计嵌岩桩156根，桩径 $\Phi 1000 \sim \Phi 1200\text{mm}$ ，要求桩端进入微风化花岗岩0.5~1.0m，单桩进入花岗岩4~6m，桩孔深度一般在32~40m。花岗岩抗压强度为150~203MPa，可钻性8~10级。

试验单位:四川省地矿局208队渝碚地质工程公司。试验配备设备:钻机:GPS-15型泵吸反循环工程钻机;空压机:VHP700型排风量 $20\text{m}^3/\text{min}$,出口压力1.2MPa,上海英格索兰空压机厂生产。规程参数:钻压:35-40KN;转速:13r/min;风量: $20\text{m}^3/\text{min}$;风压:0.5~0.8MPa。

试验结果:

(1) 钻进效率高。1993年4月下旬~1993年6月下旬,共完成32条桩,硬质基岩总进尺144m,平均时效1.10m/h,中风化花岗岩最高时效达2.8m/h,微风化花岗岩最高时效达0.8m/h。一个桩孔基岩钻进4~6米,只要4~5小时。而其相邻的工地用硬质合金钻头、牙轮钻头回转钻进或钢绳冲击钻进完成一个桩孔要6~10天,在微风化花岗岩中甚至无法进尺。

(2) 冲击器工作稳定,防空打机构灵敏,耗风量小,风压低,单次冲击功大,其工作性能达到设计要求。

(3) 由于用潜孔锤冲击碎岩颗粒大,用泵吸反循环排除,可及时判断桩孔进入岩层层位,施工甲方及工程质检部门易于检查,保证了工程质量。

(4) 虽然桩孔地层较为复杂(含有淤泥、砂砾层等),由于钻进速度快,反循环护壁作用好,因而钻孔无塌孔现象,超径系数也较小。

(5) 试验配用钻机的转速为13rpm,转速过高不利于钻头柱齿有效破碎岩石,且加剧钻头磨损,缩短了钻头寿命。钻机转速应进一步降低,以4~5rpm为宜。

(6) 三通道钻杆为插入式径向密封,试验中因加工精度不够,不能保证同时对正,现场修磨后难以保证密封性能,生产厂已在设计模具确保加工精度。

(上接10页)

千斤顶,由油泵加压。桩顶沉降由对角线安装的4只位移传感器通过试桩监测仪观测。试验荷载加级,按委托单位提出的8000kN荷载计算,每级荷载取800kN。根据DBJ-11-89规范(上海市标准),第一级荷载取1600kN。荷载及沉降见表4:

表4 P-S表

荷静 (kN)		1600	2400	3200	4000	4800	5600	6400	7200	7600	8000	8400	9000	卸荷至零
沉降 (mm)	试1	2.16	3.66	5.28	7.13	9.06	11.48	13.81	17.45	19.29	20.77	22.22	24.91	9.72
	试2	2.72	4.43	6.21	8.60	10.40	12.72	15.48	19.21	20.89	22.73	24.65	27.36	10.68

试1,试2桩在荷静的作用下,沉降量基本上呈线性发展,均加载至9000kN,沉降量分别为24.91mm和27.36mm,均未破坏。

~~~~~

(上接12页)

钻进硬基岩更困难。聚能爆破可考虑二种作业方法:一是钻遇孤石后,贴岩面向下聚能爆破,使孤石碎裂,然后用其它方法钻进;另一种方法是当孤石比较多、比较大的情况下,可考虑先于桩孔中心打一个小直径钻孔,然后由下而上对已知孤石逐一进行定向聚能爆破,待桩孔施工时,孤石均已不同程度破裂,钻进难度必定小得多。

以上分析难免片面性,只望通过对问题的思考和讨论,有助正确优选桩基硬岩钻进方法,以提高综合经济效益。

#### 参考文献:

- 1、屠厚泽、高森.岩石破碎学.地质出版社,1990
- 2、江西省地矿局.泵吸反循环钻孔灌注桩施工配套技术开发应用报告
- 3、福建省地矿局林德恒等.GCF-1500冲击反循环钻机在桩孔施工中的使用效果

# 上海市72米超深桩的施工及检测

张所邦

沈仁之

武汉地质勘察基础公司上海分公司

上海地质矿产局物探所

## 前 言

福建中路市中公寓拟设计28层楼房,其基础采用钻孔灌注桩,设计 $\Phi 800\text{mm}$ ,实际有效桩长65m,施工孔深72m,单桩允许承载力4000kN,是自上海海伦宾馆基础桩深74m以来第二位超深桩。本文就两组静载桩的施工及检测阐述如下。

### 一、地层条件

根据工程地质勘察资料,本工程桩深范围内地层分为10层,见表1。桩尖持力层进入第(9)层粉细砂层1.35m。

### 二、施工方案的确定

根据地层特点及 $\Phi 800\text{mm}$ 深桩施工经验,成孔设备选用GPS-15型反循环钻机,钻进工艺采用正循环与反循环相结合的方法。单桩混凝土方量 $41\text{m}^3$ ,如果现场拌制,那么时间长、场地小,不利混凝土浇注,因此先用商品混凝土,导管法浇注。

### 三、主要施工技术措施

#### (一) 成孔措施

1、参数选择。钻头直径 $\Phi 800\text{mm}$ ,用三翼单环导正式刮刀钻关,采用正循环方法成孔,参数选择如表2:

2、钻进泥浆性能。为保证反循环清孔能顺利抽吸,施工泥浆比重控制在1.2左右,粘度22 S。

3、一次清孔。钻进至终孔前采用慢速23r/min,大泵量至终孔,然后将钻具稍提离孔底50-100mm,慢转速加大泵量进行一次清孔。

#### (二) 反循环清孔

用 $\Phi 250$ 导管,顶端制做联接帽子配法兰盘与砂石泵联接。反循环清孔操作方法如下:将导管吊离孔底500mm左右,开泵送浆正循环清孔约5min,关闭进水阀,同时起动砂石泵打开反循环阀门,关闭正循环浆泵,即形成反循环,砂石泵排吸浆正常后,缓缓下放导管至孔底100mm左右。

#### 反循环清孔操作注意事项:

- 1、保证泥浆循环槽,沉淀池的干净、畅通,防止污泥、杂物流入孔内。
- 2、反循环槽内浆液面要高出孔口500mm左右,保证浆液补给量及水头高度。
- 3、导管缓缓下放时要视砂石泵排浆情况:排浆量小,说明抽吸困难,孔底部分泥浆过浓或有淤

表1

| 层序    | 地层名称   | 桩周土的<br>极限摩阻力 $f_i$ (kpa) | 平均层厚<br>$L_i$ (m) |
|-------|--------|---------------------------|-------------------|
| (1)   | 填土     |                           | 1.70              |
| (2)   | 亚粘土    | 21                        | 0.70              |
| (3)   | 淤泥质亚粘土 | 15                        | 8.25              |
| (4)   | 淤泥质粉土  | 16                        | 8.75              |
| (5) a | 亚粘土    | 19                        | 7.75              |
| (5) b | 亚粘土    | 34                        | 13.50             |
| (5) c | 亚粘土    | 29                        | 8.75              |
| (7)   | 粉细砂    | 63                        | 10.50             |
| (8)   | 亚粘土    | 53                        | 10.75             |
| (9)   | 粉细砂    | 98                        | 1.35              |

表2

| 参 数    | 钻 压<br>kN | 转 速<br>(r/min) | 泵排量<br>( $\text{m}^3/\text{h}$ ) |
|--------|-----------|----------------|----------------------------------|
| 粘土、亚粘土 | 5-25      | 23-42          | 100                              |
| 砂土     | 15-25     | 23-42          | 120                              |

泥阻滞,则需稍微提管,上下串动直至下放到位。

4、循环池内补给浆液比重宜在1.15左右,一般孔内泥浆较浓,启动反循环前须进行一段时间正循环清孔。

5、经常检查反循环管路的密封情况。

### (三) 浇注混凝土

浇注混凝土是成桩的关键,对施工用商品混凝土作如下技术性能要求:坍落度18-20cm,初凝时间大于8小时,混凝土标号C33,砂率不宜小于39%。

#### 浇注混凝土注意事项:

1、混凝土浇注要保证商品混凝土车辆的连续性,交通道路、场地、通讯联系方法均要做好充分准备。既快、又稳,各工序要做到紧密、协调。

2、根据浇注方量及时测算埋管深度,保证导管埋深不小于2m。

3、中途混凝土停待时间不宜超过30min,停待过程中要经常上下串动导管,防止混凝土凝结。

4、每车混凝土进场均要检查调整坍落度,防止因坍落度损失过大造成堵管及下放困难。

### 四、数据采集

试桩1<sup>〃</sup>、试桩2<sup>〃</sup>的实灌混凝土,充盈系数、计算桩径及实测井径见表3:

表3

| 孔号              | 实 测 井 径 概 况 |              |              |              | 平均井径值<br>(mm) | 实际混凝土灌注量<br>(m <sup>3</sup> ) | 充盈系数 | 计算桩径 |
|-----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-------------------------------|------|------|
|                 | 井 段<br>(m)  | 最大井径<br>(mm) | 最小井径<br>(mm) | 一般井径<br>(mm) |               |                               |      |      |
| 试1 <sup>〃</sup> | 5-10        | 900          | 900          | 846          | 864           | 41                            | 1.13 | 850  |
|                 | 60-62       | 819          | 819          |              |               |                               |      |      |
| 试2 <sup>〃</sup> | 10<br>62    | 900          | 864          | 878          | 880           | 42                            | 1.16 | 861  |

### 五、桩身质量测试

#### (一) 小应变动测

小应变瞬态无损动测采用日本OYO公司Moseis-1500B信号增强型工程地震仪,运用弹性波反射法与锤击功动测法,对试1<sup>〃</sup>,试2<sup>〃</sup>进行桩身结构完整性和单桩垂向极限承载力测试。测试结果桩身结构完整性良好。分析频谱图,取桩基自振主频 $f_n$ ,求出桩基静刚度 $K_D$ 。

$$K_D = \frac{(2\pi f_n)^2 W}{ng} \quad (1)$$

由桩基动刚度 $K_D$ ,估算出单桩垂向极限承载力 $P_j$ ;

$$P_j = \mu \cdot K_D \quad (2)$$

式中:W—参振桩,土体系重量;

n—修正系数;

g—重力加速度;

$\mu$ —动静对比系数;

根据式1,式2求得:

试1<sup>〃</sup>桩单桩垂向极限承载力为9350kN。 试2<sup>〃</sup>桩单桩垂向极限承载力为9800kN。

#### (二) 静载荷试桩

单桩垂直静荷载试验采用锚桩反力慢速维持法,单循环方式。桩顶加载,安置3台5000kN油压

(下转8页)

# 桩基孔硬岩钻进方法实用效果分析

江西省地质矿产局 李世京

近年来许多单位应用动载破碎岩石的原理,探索开发以冲击功能为特征的大口径硬岩钻进方法,包括钢丝绳冲击钻进,冲击反循环方法,风动式液压潜孔锤,滚刀钻头钻进,有的还尝试采用聚能爆破方法碎岩。如何因地制宜地根据硬岩的类别和本单位经济技术条件,合理选定钻进方法,需要对各种方法的实用效果进行分析。

## 一、钢绳冲击钻进

冲击钻是最古老的钻进方法,现代被广泛应用于大口径桩基施工,又有了新的活力。对地层它比较广泛的适应性。在富含卵砾、漂砾的第四系松散层中既可冲击碎岩,又能冲挤密实孔壁;在岩溶地层钻进,可采用无循环液作业,还可充填粘土和碎石在小溶洞中堵漏造壁;在硬岩中钻进,通过钻头加重和提高冲程,可获得足够大的冲击能量。有效地破碎岩石。江西地质公司的施工队伍曾使用GZ-30型冲击钻机或自制5t卷扬机进行冲击钻进,其钻进成孔效果见表1。

表1 硬岩冲击钻进效果表

| 工程名称   | 岩石名称   | 可钻性<br>等级 | 孔径<br>(m) | 孔深<br>(m) | 冲程<br>(m) | 冲击频率<br>(次/min) | 时效<br>(m/h) | 钻进方法           |
|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-------------|----------------|
| 澧陵淅江大桥 | 灰岩及角砾岩 | 7-8       | Φ1.5      | 25-30     | 1-2       | 30-40           | 0.11-0.2    | 冲击钻进,反循环排渣     |
| 福建元洪花园 | 花岗岩    | 8-9       | Φ1.5      | 55-60     | 2-3       | 10-16           | 0.08-0.1    | 冲击钻进,抽筒捞渣反循环清孔 |
| 厦门和昌中心 | 花岗岩    | 9-10      | Φ1.2      | 40-70     | 1.2-1.5   | 8-12            | 0.05        | 同上             |

上表反映的生产效率不算高,但由于冲击钻的装备资金投入少,生产成本低,经济实用所以至今仍不失是一种对付桩基硬岩的合理选择。今后尚可在钻头修复工艺上和钻进参数合理调整方面下些功夫,生产水平能够进一步提高。

## 二、冲击反循环钻进

为了克服冲击钻进孔底清查不及时而出现重复破碎,采用了冲击反循环钻进工艺,并有不少单位成功使用了GCF-1500钻机。这种钻机冲击破碎岩石与排渣清孔同步进行,基本可保证钻头冲击刃直接作用于孔底岩石,而不受岩屑的阻隔,钻进碎岩效果明显优于普通冲击钻进方法。

反循环冲击钻头由下部铸钢体和上部型钢导向部分焊接而成,轴向长度大,导向性较好。如遇倾斜岩面,只要坚持回填片石,平实孔底,并辅以小冲程,轻冲击的作业措施,一般能够控制住钻孔垂直度。

钻头冲击刃齿成楔齿形,以梳齿状交错排列在铸钢体上,保证钻头在不回转状态下仍能全面覆盖破碎孔底。选用楔齿形冲击刃,减少了钻头与岩石的接触面积,冲击能量相对集中。刃齿面上堆焊耐磨合金粉末,耐磨性好,碎岩能力得到加强。

冲击反循环钻机在生产中已经显示了威力,江西省地质工程公司承包的厦门和昌桩基工程,