

水文水井冲击回转反循环钻进技术

殷琨 彭枳明 王茂森 谭凡教

(吉林大学建设工程学院, 长春 130026)

摘要: 揭示了水文水井冲击回转正循环钻井存在的急待解决的问题, 阐述了水文水井冲击回转反循环钻进技术的原理和特点, 用实例说明了该技术的试验应用效果及其优越性。

关键词: 水文水井 冲击回转 反循环钻进 贯通式潜孔锤 反循环专用钻头

1 水文水井冲击回转正循环钻进亟待解决的问题

基岩水井通常口径为 160~280mm 之间, 该口径硬岩的钻进效率低, 成本高, 施工周期长, 成为钻探界亟待解决的难题。20 世纪 70 年代开始, 我国已引进潜孔锤技术应用于水井钻凿, 钻进效率数倍提高, 展示了潜孔锤钻进的良好前景。但水井工程, 孔深大, 背压高, 配套使用的空压机不但风量要求大, 风压也高, 使钻进成本大幅度增高。主要矛盾是满足排渣屑上返风速的要求时, 供风量巨大, 远超过了潜孔锤本身工作的需求。计算不同孔径条件下满足上返风速 15m/s 供风量的需求, 见表 1 (89 钻杆为例)。表 1 数据表明, 孔径越大, 为满足排渣屑要求而消耗的能量越大, 经济性越差。若实施反循环钻井技术工艺, 则排渣屑所需风量大大减小, 如表 2 所示。

表 1: 冲击回转正循环钻进排渣屑所需风量和潜孔锤碎岩钻进所需风量比较

孔径 (mm)	上返风速所需	潜孔锤碎岩钻进
	风量 ($\text{m}^3/\text{min}^{-1}$)	所需风量 ($\text{m}^3/\text{min}^{-1}$)
160	12.5	8~10
180	17.3	10~12
200	22.7	12~14
220	28.6	14~16
250	38.6	16~18
280	49.8	18~20

2 水文水井冲击回转反循环钻进技术的原理和特点

针对上述问题研制了 GQ 系列贯通式气动潜孔锤, 配以专门的反循环也取心钻头, 实现了反循环连续取心(样)钻进工艺, 这一技术具有国内外先进水平。

贯通式气动潜孔锤反循环连续取心(样)钻进原理如图 1 所示。压缩空气由进气胶管 4 进入气水龙头 2 的进气管, 经主动钻杆和双壁 5 的内外管环空到达贯通式冲击器的逆止阀 6, 驱动冲击器活塞 9 产生高频冲击。钻具仍由钻机带动回转, 使钻头在冲击和回转的共同作用下破碎岩石, 取心钻头 11 在孔底形成环状破碎。冲击器工作压气由钻头底喷排气孔喷出, 吹洗孔底岩屑和冷却钻头, 再由钻头唇部导流作用将气流引入钻头中心, 然后通

作者简介: 殷琨, 男, 1952 年出生, 吉林大学建设工程学院院长, 教授, 博士生导师, 从事多工艺冲击回转钻进技术研究工作。

过双壁钻杆中心通道，携带岩心（样），输送到气水龙头 2 的中心孔。经鹅颈管 3，排样管 1 排出，进入岩心（样）收集器。

这种钻进方法的特点主要是利用潜孔锤碎岩，效率高；反循环系统冲洗介质上返流速高，携带岩心（样）能力强；使用双壁钻杆既输送压缩空气又有护壁作用。也就是有效的把破岩钻进和提起岩心（样）这两项原来分隔的工作，形成了连续作业系统，成为边钻井、边洗井、边取心（样）三者同时进行的钻探方法。

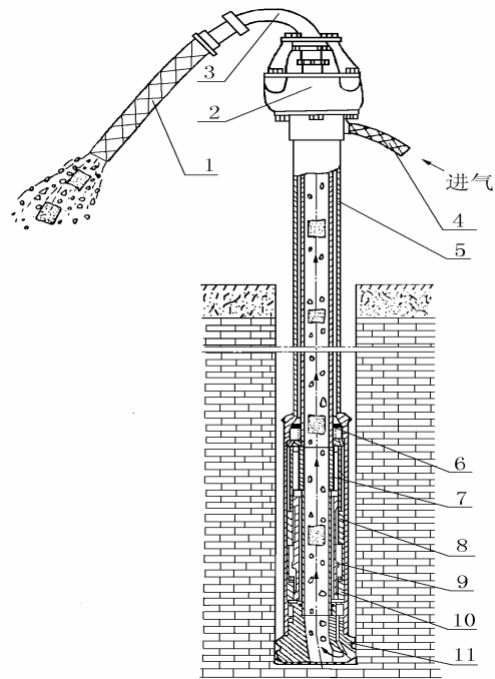


图 1 孔反循环钻进原理图

- 1-排渣胶管；2-气水龙头；3-鹅颈弯管；4-进气胶管；
5-双壁钻杆；6-逆止阀；7-工作气室；8-内缸；
9-活塞；10-衬套；11-反循环钻头

3 水文水井冲击回转反循环钻进

技术应用实例

3.1 概况

GQ-200/62 型贯通式潜孔锤在河南省地矿厅水文一队进行试验。试验分二个阶段：反循环形成研究阶段和生产性试验阶段。在 6-8 级灰岩、白云质灰燧石灰岩、致密灰岩，采用 FT-200、250 型反循环钻头及 SHB-127/87 双壁钻杆实行反循环连续取心（样）钻进 374m。呈短圆饼状，长度 20-35mm；取样率 100%。与潜孔锤正循环相比，平均机械钻速提高 64%；台月效率提高 3.8 倍；每米成本降低 30%-40%。其中一个钻头在一个钻孔中反循环连续取心 104.5 米，平均时效 4.05m/h，最高时效 9.6m/h，水下钻进 45m 时钻头磨损较轻微。

表 2：正、反循环上返通道断面积及所需最低风量比较

钻孔直径	配用钻杆	正循环		配用钻杆	反循环	
		上返环空断面积 (cm ²)	风量 (m ³ /min)		上返通孔断面积 (cm ²)	风量 (m ³ /min)
100	73	36.69	3.35	SHB-73/44	15.21	1.39
112	73	56.73	5.18	SHB-73/44	15.21	1.39
132	73	94.99	8.69	SHB-73/44	15.21	1.39
160	89	138.85	12.70	SHB-89/60	28.27	2.59
180	89	192.26	17.58	SHB-89/60	28.27	2.59
200	89	251.95	23.04	SHB-89/60	28.27	2.59
220	89	317.92	29.07	SHB-114/70	38.48	3.52
250	89	428.66	39.20	SHB-114/70	38.48	3.52
280	89	553.54	50.62	SHB-127/87	59.45	5.44

注：上返所需最低风量值按上返风速 15.24m/s 得出。

表 3：GQ 系列规格贯通式潜孔锤主要技术参数

型号	潜孔锤 外 径 (mm)	贯通孔 直 径 (mm)	钻孔直径 (mm)	潜孔锤 长 度 (mm)	单次冲 击 能 (J)	冲击 频率 (Hz)	耗气量 (m ³ /min)	潜孔锤 压力降 (MPa)	活塞 质量 (kg)
GQ-80	80	28	85 ~ 112	1062	124	18	3	1.1	4
GQ-80	89	33	95 ~ 120	1222	155	19	4.8	1.4	4.9
GQ-100	100	44	105 ~ 132	1056	165	18	5	1.0	5.2
GQ-108	108	38	112 ~ 132	1255	268	19	9	1.4	8.5
GQ-127	127	44	132 ~ 152	1264	410	18.8	11	1.4	13
GQ-146	146	44	152 ~ 185	1267	534	17	12	1.1	17
GQ-160	160	60	165 ~ 200	1302	640	16	13	1.0	20
GQ-200	190	62	200 ~ 250	1468	720	18	14	1.0	23
GQ-250	242	60	250 ~ 350	1459	1052	16	17	1.05	34

目前气动潜孔锤钻进主要是不取心钻进，采用单壁钻杆正循环排屑。河南水文一队使用气动潜孔锤钻凿基岩水井，取得较为成功的经验。但豫北地区基岩水井一般要求深度及其孔径较大，其钻进施工方法是：用 JG-150 潜孔锤一径到底，再用 J-250 型冲击器扩孔，即“小径打，大径扩”。这种施工方法不仅麻烦，成井时间长，扩孔时耗风量大，排岩屑及其困难，有时需采用专门排屑措施，因而出现潜孔锤钻进机械钻速虽高，而台月效率却提高的并不多。

此外，在卵砾石地层或复杂的破碎、漏失地层，空气潜孔锤仍难以钻进，表现出孔壁坍塌，孔口不返风，不排屑，极易导致埋钻、卡钻等事故的发生。采用贯通式潜孔锤实施反循环钻进工艺，可从根本上解决这些难题。

3.2 配套设备及器具

钻机：SPC-300H 型黄河钻一台；空压机：W-10/60 型一台或 LGYII-10/7 二台；双壁钻杆：SHB-127/87 或 SHB-114/70；贮气罐：0.2-1.0m³ 一台；冲击器：GQ-200 型二套；钻头：直径 200、250mm 各 2 个。

试验分别采用高、低压两种压风机单独进行，即浅孔或干孔段用低压空压机；深孔或水下钻进用

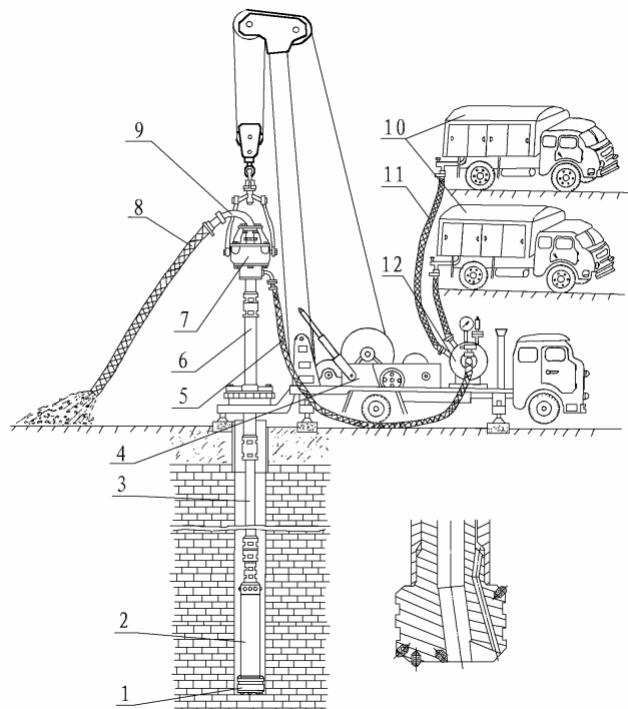


图 2 现场施工连接系统图

- 1-反循环钻头；2-贯通式冲击器；3-双壁钻杆；4-黄河钻；
5-进气胶管；6-主动钻杆；7-气水笼头；8-排渣管；
9-鹅式弯管；10-w.10/60 型空压机；11-输风胶管；12-贮气罐

W - 10/60 空压机，试验场地的设备分布、管线连接等见图 2。

3.3 钻进技术参数选择

在空压机、冲击器和钻头性能及质量保证的前提下，要想提高反循环连续取心（样）钻进效果，还应做到合理操作，选用合适的钻进技术参数。

（1）风量和风压 供风量除满足 GQ-200 型贯通式气动潜孔锤的工作参数外，还应符合反循环中心通道空气上返速度携带岩心（样）的要求。一般取样钻进，供风量 $6-8\text{m}^3/\text{min}$ 即可；而取心钻进可适当地增大供风量（ $8-10\text{m}^3/\text{min}$ ），这样中心通道上返风速可达 $20-40\text{m/s}$ 。风压随钻孔深度，孔内水柱高度的变化而变化，一般为 $0.45-2.20\text{MPa}$ 。

（2）钻压 选用 $8-12\text{KN}$ 。

（3）转速 最优转速为 $20-25\text{r}/\text{min}$ 。还应说明一点，实施贯通式潜孔锤反循环连续取心（样）钻进工艺，偶然也产生短暂的岩心卡堵现象，表现在排屑管突然停止排屑。分析其原因，一是此种工艺方法的岩心与岩屑上返速度不一致；二是使用的双壁钻具结构不合理，内管接头插接方向倒置。压气沿其内外管间隙送入，遇内管母接头端面阻挡，局部涡流及增加压力降，岩心（样）反循环时，又遇内管公接头端面阻挡，端面处产生涡状环流，使局部流体参量改变，岩心（样）易于堵塞，产生卡堵。一般情况下，隔几秒或几十秒后，排屑管突然大量排屑，表明由于冲击器高频冲击震动自动解卡。应立即停止进尺，即停止钻具回转，只冲击，不再产生新的岩心（样），依靠冲击器原位震动，都能顺利解除卡堵。

3.4 试验效果

贯通式潜孔锤与双壁钻杆实行反循环连续取心（样）钻进，主要是利用潜孔锤破岩效率高；反循环系统洗井介质上返流速高，携带能力强，可及时排除岩屑或岩心；用双壁钻杆输送压缩空气和护壁，能有效地使碎岩钻进、提取岩心（样）和洗井护壁三者形成同时作业的钻探系统，这种钻进方法具有以下优点。

3.4.1 水文地质钻探中的优点

- （1）能量大限度地减少提钻取心（样）作业时间，大幅度提高纯钻进时间；
- （2）地质效果好，不公能有效地提高岩矿层的采取率，而且无污染、无分选、取心（样）及时，代表性好、品质高；
- （3）有利于解决破碎和不稳定地层的孔壁坍塌、漏气、孔口不排屑等给钻进工作带来的难题。

3.4.2 大口径水井钻中的优点

- （1）潜孔锤及双壁钻杆的中空断面作为反循环通道，因断面积小且直径不变，在有限空压机供风量条件下，可增大上返风速，提高排渣能力，避免孔底重复破碎，从而提高钻进效率及增大孔深和孔径；同时也不用经常提拉钻具吹孔，保持了钻进的连续性；

- (2) 连续取心(样)钻进,排屑效果不受钻孔口径限制,因而可以一径成井,可改变过去小径打、大径扩的施工方法,从而简化了工序,提高了效率,缩短了工期;
- (3) 贯通式潜孔锤反循环钻进,反循环排屑管可放在随意位置,避免了干孔段粉尘扬及水下钻进井喷的污染,改善了孔口工人的工作条件;
- (4) 水下钻进可实现冲击器碎岩、泥浆护壁、气举反循环排屑(不受深没比限制)综合效能,为解决目前我国卵砾石地层钻进难的问题,提供了科学的工艺方法;
- (5) 反循环钻进过程,又是抽水洗井过程,避免岩粉堵塞含水层通道,提高了成井质量和单井出水量。

参考文献:

- [1] 耿瑞伦,陈星庆.多工艺空气钻探.地质出版社,1995.
- [2] 蒋荣庆,殷琨,王茂森.气动贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻具系统研制及使用效果.地质与勘探,1996,32(3):55-60.
- [3] 蒋荣庆,殷琨,杨洪东,沈崇峰.潜孔锤多工艺钻进在水文水井及工程中的应用.水文地质工程地质,1998,(6):51-54.