

φ53 / φ35 小口径连续取心钻具的研制与试验

雷少全 游碧松

(核工业中南勘察技术研究所·长沙市)

本文介绍了 φ53 / φ35 小口径连续取心钻具的结构特点及试验情况,详细测定了钻进参数和水力参数,对堵心和泄漏问题作了简要论述。

关键词: 连续取心钻具; 返流量; 压力损失; 速度接近率



钻探技术

小口径连续取心钻具存在着结构复杂、加工精度高、水力损失大等问题,国内近年来在这方面的研究尚没有取得突破性进展。为进一步研究和推广小口径连续取心钻进新工艺,我所先后研制和试验了 φ53 / φ38, φ53 / φ35 两种规格系列的连续取心钻具,并取得了良好的试验效果,现以 φ53 / φ35 钻具为例作一些简要介绍。

钻具的结构特点

φ53 / φ35 连续取心钻具为外转内不转类型,其工作原理如图 1,冲洗介质由进水管接头经双层特制水龙头外层管的网眼进入双壁钻杆内外环隙,又以孔底经内管中心通道把岩心(屑)连续地返出地表,外环间隙的液流由上下封水器封隔,岩心由偏心式折断器折断,图中包括地面管路系统和双壁钻杆管路系统,现分述如下。

1. 地面系统

岩心收集器由网孔架和排水箱组成。尼龙网袋在编织管出口端。编织管与弯管用管夹箍接。弯管用 φ41 / φ35 管绕制而成,其曲率半径 1.2m,弧长约 2m,平衡锤的另一

端系在弯管的吊环上,通过塔上定滑轮组对弯管、编织管和立轴起到平衡作用。此外,

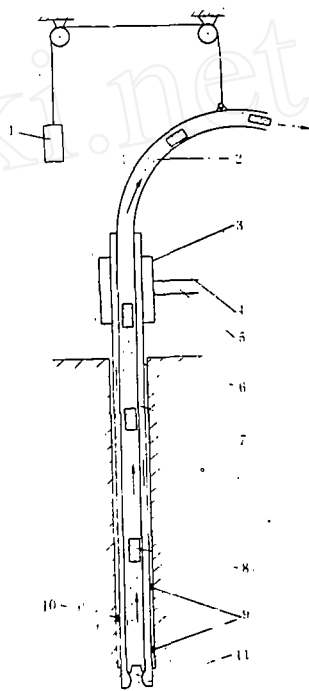


图 1 水力反循环连续取心钻具结构示意图

1—平衡锤; 2—弧形弯管; 3—双层水龙头; 4—进水接头; 5—冲洗液; 6—双壁钻杆外层管; 7—内层管; 8—岩心; 9—封水器; 10—断心器; 11—钻头

还根据连续取心钻进特点,在水龙头结构上作了设计。水龙头为双层管结构,内外管焊

为一体,其上下两端加盘根塞线,由压盖压实,锁母锁紧,外层管钻有通水网眼。水龙头下部的轴承室由法兰盘通过螺栓联接组合而成,内设两盘向心轴承和两盘推力轴承,以实现单动性能,在轴承室下端加设一毡式油封,防止润滑油外渗。

2.双壁钻杆管路(图2)

连续取心钻具主要由双壁钻杆、内外管接手、封水器、折断器、钻头等部件组成。下面对各部件的结构特点与作用作简要论述。

(1) 外管及外管接手: 外管采用 $\phi 53/\phi 44$ 绳索取心钻杆,丝扣为特殊梯形扣,其公母接手均车制内台阶,对内管起扶正导向作用和轴向限位作用,保证内管轴向可动间隙。同时,内台阶又可作为支承面使相对应的内管随外管一起卸出和提动。

(2) 内管及内管接手: 内管材质为合金钢,规格为 $\chi 35/\phi 31$ 。由于管壁较薄,内管与内管接手之间均采用特殊梯形扣连接,且涂上强力粘结剂,防止松动和脱扣。内管

的定位和导向是通过内接手四个对称平键嵌套在外接手中来实现的,当外管与外接手丝扣到位后,单根内管必须与外管两端平齐,但允许有5mm的轴向可动范围。满足这一条件,则可保证外管丝扣到位后,内管接手之间亦同时紧密套接到位。套接处的密封主要靠内管接手过渡台阶上隔水环和O型密封圈来实现。

(3) 全封闭式封水器: 封水器直径 $\phi 56.5\text{mm}$,锥度1:50,不设通水槽,表面分布保径金刚石;在钻具下部分设两处封水器,且相距2m左右,既起到提高钻具稳定性和导向性的作用,又起到双重封隔外环液流的作用。这对钻进松散破碎层和漏失层尤为重要。

(4) 偏心式折断器: 折断器是一种偏心圆形式,偏心距1.5~2mm,偏心圆内径 $\phi 30$,偏心圆位置距钻头底端约100~140mm。当岩心通过偏心圆时,由于受偏心力矩的作用而被折断,偏心圆位置、偏心距应根据岩石的软硬程度来确定。

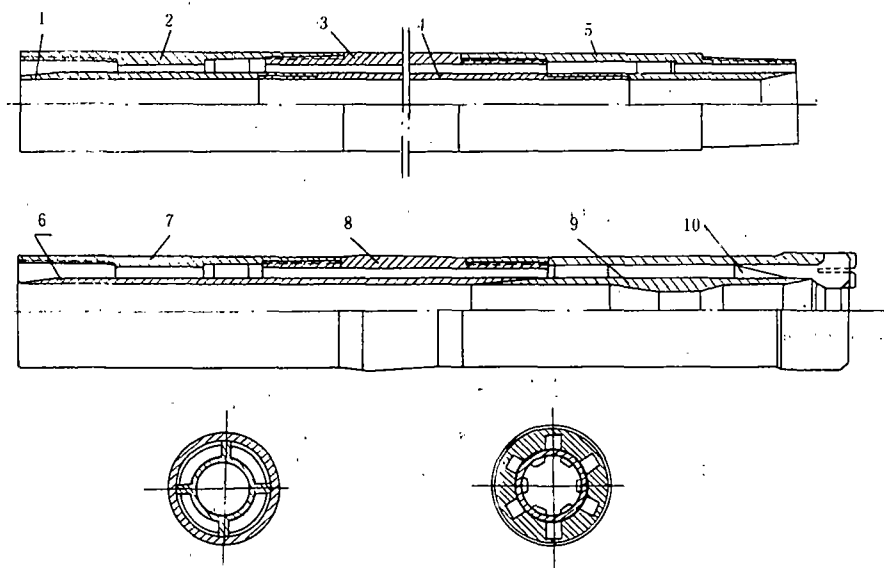


图2 $\phi 56$ 反循环连续取心钻具结构示意图

1—内管接手; 2—外管母接手; 3—外钻杆; 4—内管; 5—外管公接手; 6—折断器短节管; 7—封水器接手; 8—封水器; 9—折断器; 10—钻头

(5) 钻头: 钻头外径 $\phi 56\text{mm}$, 内径 $\phi 30\text{mm}$, 水口 6 个, 断面尺寸为 $5 \times 8(\text{mm}^2)$, 对应于水口的钻头内壁 6 个喷水槽, 其规格尺寸为 $8 \times 5 \times 37(\text{mm}^3)$ 。此处的高速射流可以帮助破碎岩石和快速压送岩心。由于试验地层为红砂岩, 可钻性只有 4~5 级, 故钻头镶焊八角状合金切削具。

试验情况

1. 试验条件

(1) 岩层情况: 0~6.23m 为粘土、亚粘土, 以下为红色砂岩, 可钻性 4~5 级。其中在 45.94~49.20m、53.76~56.41m、

65.37~68.33m、74.55~77.69m 等孔段为破碎带、夹层、砾石层、弱风化层, 含有少量石英、长石等, 岩心破碎, 部分呈薄圆片状。

(2) 设备与钻具: JU-1000 型钻机, BW-200/40 型往复泵, 钻塔高 8.20m、 $\phi 53$ 钻杆卡紧器, 岩心收集器, $\phi 53/\phi 35$ 连续取心钻具, 双层水龙头等。

2. 钻进情况

完成两个试验孔, 最大孔深 90.84m, 主要经济技术指标见表 1。

在试验中, 我们还根据连续取心钻进特点, 对钻进工艺参数和有关水力参数作了详细的测试记录 (表 2)。

表 1 主要经济技术指标完成情况

累计孔深 (m)	平均 时效 (m/h)	取心质量		最高 时效 (m/h)	最大提 钻间隔 (m/次)	纯钻 时间 (%)	辅助 时间 (%)	事故停 待时间 (%)
		采取率 (%)	岩心长度 (m)					
90.84	7.75	100	0.17 (最长)	13.16	52.60	66	23.64	10.36

由表 2 可知, 泵压、泵量、返流量均随孔深增加而相应增大。返流量由于受泄漏量大小的影响而出现不规则的变化, 但始终保证在 $100\text{L}/\text{min}$ 左右, 使岩心上返速度与液流上返速度的接近率达 0.80 左右, 从而保证了岩心的顺利输送。

小口径连续取心钻具由于受管径尺寸的限制, 其压力损失较大, 在孔深为 90.84m 处, 测得泵压值为 $2.8 \sim 3.0\text{MPa}$, 为了与理论计算值作比较, 我们通过有关计算公式得出: 钻具内外管环空压力损失 1.2MPa , 内管中心通道压力损失为 0.135MPa , 地面管线为 0.35MPa , 钻头处局部损失为 0.79MPa , 因而总压力损失为 2.48MPa , 实测值与理论值基本接近, 其中环空压力损失与钻头的局部损失之和为 1.99MPa , 占总压力损失的 80% 以上, 合理选择内外管环空尺寸和优化钻头设计, 是大幅度降低水力损失的重要一环。

3. 堵心与泄漏

堵心与泄漏是连续取心钻进经常遇到的

问题, 堵心会造成泄漏; 反过来, 泄漏也会造成堵塞, 二者关系十分密切。堵心事故一旦出现, 泵压骤然上升, 编织管抖动厉害, 进尺变慢或不进尺, 严重的还会造成烧钻事故的发生 (本试验发生一次烧钻)。另外, 由于堵心, 部分液流被迫经钻具外环隙从孔口返出, 或在内管套接密封处串入内管, 造成液流短路现象, 此时从内管返出的冲洗液比较澄清, 不含任何泥砂和岩屑颗粒, 很容易给人一种返流量正常的假象。

为防止堵心时液流串入内管, 必须保证内管丝扣的加工精度以及内外接手的配合精度, 内外钻杆两端要平齐, 内管轴向间隙控制在 5mm 以内, 以保证外管接手丝扣连接到位后, 内管接手之间亦紧密套接到位; 同时由外接手的内台阶来限制内接手的松脱。此外, 由于拧卸钻杆频繁, 易使密封圈因磨损而失效, 故有必要在内接手上加工两道隔水环 (宽 4mm 、深 0.5mm), 进一步提高密封性能。

在试验中, 堵心常发生在折断器、弯管

与编织管连接段、编织管等，其中次数最多、影响最甚的是在折断器处发生的堵塞，因此，解决折断器岩心卡阻问题，是试验和推广连续取心钻进工艺的一个技术关键。

表 2 试验孔测试纪录表

序号	孔深 (m)	进尺 (m)	采取率 (%)	时效 (m/h)	水力参数		钻进参数			备注
					泵压 MPa	返流量 (l/min)	转速 (rpm)	压力 (kg)	泵量 (L/min)	
1	11.23~14.18	2.95	100	3.35	0.5	90	301	200	120	单节岩心最长 145mm
2	14.18~15.96	1.72	100	5.16	0.6	80	301	200	120	
3	15.96~19.25	3.29	65	13.16	20	70	"	200	120	堵心泵压升高，残余 岩心 1.62m
4	19.25~21.39	2.14	61	12.84	20	60	"	200	120	同上残余岩心全部在 下回次返出
5	21.39~24.44	3.05	100	12.20	12	80	"	250~300	120	
6	24.44~27.82	3.38	100	10.14	12	80	"	250~300	120	
7	27.82~30.77	2.95	100	11.80	16	130	"	"	150	最长岩心 17cm
8	30.77~34.14	3.37	100	6.74	16	130	"	"	150	编织管堵塞 处理 30 分
9	34.14~37.08	2.94	100	7.06	14	105	"	"	130	
10	37.08~40.03	2.95	100	5.90	16	120	574	"	140	岩心破碎
11	40.03~42.99	2.96	100	8.88	16	115	574	"	140~150	
12	42.99~45.96	2.07	100	8.91	16	115	574	300~400	140~150	岩心碎呈薄片状
13	45.96~49.20	3.24	100	3.89	20	97	574	"	"	
14	56.41~59.44	3.03	100	9.09	2.2	100	301	"	"	最长岩心 130mm
15	59.44~62.39	2.95	100	8.85	1.8	100	301	"	"	折断器堵心提钻
16	62.39~65.37	2.98	100	8.94	2.0	120	301	"	"	夹层破碎部分 岩心碎成碎屑
17	74.59~77.69	3.10	100	6.20	3.0	90	574	"	"	
18	77.69~80.29	2.60	100	7.80	3.0	90	574	"	"	
19	80.29~83.67	3.34	100	5.01	3.0	90	310~574	"	"	
20	83.67~86.58	2.95	100	3.54	3.0	90	310~574	"	"	孔口返水量约 25 升/分
21	86.58~90.84	4.24	100	4.24	3.0	90	310~574	"	"	孔口返水量约 25 升/分

试验使用的折断器,其内径为 $\phi 30\text{mm}$, 偏心圆直径 $\phi 30\text{mm}$, 偏心距 2.0mm, 偏心位置距孔底 120~140mm, 返出岩心长约 100mm, 满足编录要求。

通过多次观察与比较认为, 岩层软弱地段应使偏心圆位置降低, 偏心距增大, 以便岩心能及时折断并上返, 从而避免大量岩粉充填和挤塞环隙; 遇到硬脆碎地层时, 应适

当提高偏心圆位置,增大断心力矩,使硬岩心在根部折断。

此外,还发现在弯管与编织管接触段处堵心,这时返流量明显减少并有波动现象,用锤子敲打编织管,偶尔有岩屑颗粒被震落,但没有整段岩心返出,而且冲洗液时而澄清时而浑浊。原因是弯管为刚性,编织管为柔性,使接触段圆弧过渡区较小,较长岩心无法通过,而造成卡阻堵塞。而且液流在此处因突然改变方向,使岩心与岩屑存在着明显的跌落速度差,从而造成挤压堵塞。

同样地,封水器与钻头的结构对堵塞和泄漏亦有着至关重要的影响。

封水器与钻头直径,两个封水器连接在钻具下部,相距约2m左右,构成双重封闭体系,这样即使遇到破碎带、漏失层(层厚不超过2m)的情况下,亦能通过第2道封水器封隔外环液流,保证足够的返流量。据测定,本次试验最大的漏失量为25L/min(指孔口返水部份)。

试验中开始使用的钻头是侧喷式,高速射流直接喷射孔壁,破坏孔壁的完整性,孔径扩大后使封水器无法封水,造成大量液流从外环间隙返出孔口,内管返流量相对不足,岩心输送不畅,甚至在折断器与钻头底部之间造成岩屑、岩心相互挤塞。后来把钻头改为直水槽底喷式,既保证了孔壁的完整

性和提高封水效果,又明显降低了水力损失,而且大部分的岩屑被高速射流挤出钻杆外环空隙,保证了岩心的顺利输送。因此,底喷式钻头与侧喷式钻头比较,其水路设计趋于合理,水能利用率高。

试验结论

1.使用 $\phi 53/\phi 44$ 绳索取心钻杆与 $\phi 35/\phi 31$ 合金管构成的双壁钻杆,环空尺寸合理,水力损失小,密封性能可靠。

2.专门设计研制的双层水龙头、折断器、封水器、钻头等零部件,水路设计合理,结构性能良好。

3.取心质量好,采取率达100%,尤为适合普查浅钻和砂矿钻探。

4.钻孔质量优良,双壁钻杆上下平齐,上下封水器封隔外环液流,有效地抑制孔壁的坍塌、掉块和液流对孔壁的冲蚀作用。

5.钻进效率高,岩心高速连续地返出地表,大幅度提高了钻进时间,减少提钻次数,从而大幅度提高钻进效率,降低生产成本和劳动强度。

试验证明,在我国推广小口径连续取心钻进新工艺是可行的,而且是很现实的,它将由于其固有的优越性而愈来愈赢得人们的重视和肯定。

Small Diameter Continuous-coring Tool: Its Development and Testing Results

Lei Shaoquan You Bisong

The construction characteristics and testing results (including drilling and hydraulic parameters measurements) of the small diameter ($\phi 53/\phi 35$) continuous-coring tool are dealt with in this paper. Problems on plugging and leaking are also discussed in brief and to the point.