

# S95 绳索取心钻进技术应用及工艺

吉孟瑞, 陈师逊, 张英传

(山东省地勘局第三地质大队, 山东 烟台 264003)

**摘要:**通过在山东莱西地区 2 个石油勘探孔工程实例系统地介绍了 S95 绳索取心钻具在深孔中的应用, 并对相关工艺进行了研究总结。

**关键词:**地质钻探; 绳索取心钻进; 施工工艺

**中图分类号:** P634.5   **文献标识码:** B   **文章编号:** 1672-7428(2007)S1-0083-04

国内对绳索取心钻进技术的研究以前主要集中在  $\varnothing 56$ 、59、75 mm 三种口径, 原因是以往探矿深度较浅, 钻孔结构较简单, 因此  $\varnothing 95$  mm 口径应用较少。随着矿产资源日益短缺, “深部找矿” 作为寻找矿山接替资源的一项重要措施被提上日程, 而作为地质勘探重要手段的钻探必然要满足地质技术要求。钻孔深度不断增加, 从钻孔结构的合理性考虑, 需要大幅增加  $\varnothing 95$  mm 口径的钻探工作量。另外用于其他目的、有特殊口径要求的钻孔逐渐增多, 因此研究和推广应用  $\varnothing 91$  mm 以上口径的绳索取心钻进有现实意义。

## 1 工程简况

2004 年胜利油田在山东莱西地区布置了 2 个石油勘探孔, 钻孔设计要求: 孔深 800 ~ 1500 m, 终孔口径原则上不小于 96 mm (孔深超过 1000 m 时可以考虑用  $\varnothing 75$  mm 口径), 全孔段采取岩心, 中风化岩层以下岩心采取率  $\leq 90\%$ 。如此大口径和孔深的取心钻孔我们以前还没遇到过, 为此研究制定了多种施工方案, 最终确定采用 S95 绳索取心金刚石钻进工艺。同时施工中对 S95 绳索取心钻进工艺进行研究探索, 为今后全面推广该工艺提供可靠依据和施工经验。

勘探区位于胶莱凹陷沉积盆地内, 地层较简单, 上覆第四系主要为粉质粘土, 厚 15 ~ 25 m, 下伏基岩上部为白垩系青山群火山碎屑岩、砂砾岩, 下部为白垩系莱阳群砂砾岩和泥岩, 中间夹有火山流纹岩。地层岩石硬度属中等, 可钻性 6 ~ 8 级, 研磨性较强, 除部分孔段破碎外, 大部分岩石完整。

收稿日期: 2007-05-30

作者简介: 吉孟瑞(1964-), 男(汉族), 山东寿光人, 山东省地勘局第三地质大队副队长、研究员, 水文地质工程地质专业, 硕士, 从事水文工程地质技术及钻探施工管理工作, 山东省烟台市莱山宏川路 43 号, jmr3038@126.com; 陈师逊(1965-), 男(汉族), 山东滨州人, 山东省地勘局第三地质大队钻探公司总工程师、高级工程师, 钻探工程专业, 从事钻探施工技术及管理, chshixun@126.com; 张英传(1965-), 男(汉族), 山东烟台人, 山东省地勘局第三地质大队钻探公司经理、工程师, 水文地质工程地质专业, 从事小口径钻探施工技术及管理。

钻探工程于 2004 年 9 月 5 日开始, 至 2005 年 3 月 27 日结束, 完成钻孔 2 个, 累计完成钻探工作量 2207.44 m, 其中使用 S95 钻具钻进 1804.13 m, 台月效率 442 m, 平均时效 1.10 m/h。经验收各项指标均满足设计要求, 采用 S95 绳索取心钻探取得圆满成功。

## 2 钻探机具的选择及配备

### 2.1 设备的选择

设备的选择原则主要考虑一是要满足深孔钻进能力要求; 二是尽量选现有设备, 以降低投入; 三是要满足安全生产需要。

#### 2.1.1 钻机

XY-4 型钻机作为通用的地质勘探钻孔设备, 其设计钻深能力 1000 m, 是相对于钻杆直径  $< 50$  mm 和钻头直径  $< 59$  mm 来说的, 对 S95 绳索取心钻进还没有定论, 为了研究这一型号钻机对 S95 钻具的适应性问题, 我们选择 XY-4 型钻机为先期试验钻机。考虑到 XY-4 型钻机能力可能达不到要求孔深, 选择 XY-5 型钻机为后备钻机, XY-5 型钻机设计钻深为 1500 m。

在实际施工过程中, 我们使用 XY-4 型钻机施工一孔, 终孔孔深 801.84 m; 使用 XY-5 型钻机施工一孔, 终孔孔深 1405.60 m。

#### 2.1.2 水泵

选择衡阳探矿机械厂生产的 BW-250 型往复活塞泵。该型泵是目前通常配备的钻探用泵, 性能比较稳定, 可满足深孔钻进的要求。

#### 2.1.3 发电设备

施工现场无常用动力电源,需自备发电机组,从满足钻机和水泵等主要设备动力的原则出发,采用 6105-75 kW 发电机组。

### 2.1.4 钻塔

选用常用的 G-13 m“ A”型钻塔,考虑到孔深钻具质量大,为确保其安全性能进行了合理加固。

## 2.2 绳索取心钻具的选择

### 2.2.1 取心总成

在总结 S59、S75 等规格绳索取心钻具总成基础上,选择稳定可靠的结构形式,主要由限位机构、打捞机构、单动机构、调节机构、内管保护机构、扶正机构、安全脱卡机构、报信机构等组成。

### 2.2.2 钻杆

采用  $\varnothing 89 \text{ mm} \times 5.5 \text{ mm}$  专用 S95 绳索取心钻杆。

### 2.2.3 钻头和扩孔器

钻头的选择主要从以下几方面考虑:(1)环状间隙尽量增大,以降低泵压,保持孔壁稳定,因此要加大金刚石钻头外径;(2)加大钻头直径必然使钻头底唇面积增大,影响时效,因此要选择合理的钻头底唇面的形式;(3)根据地层岩石研磨性和可钻性选择胎体硬度;(4)钻头底唇面积大,产生岩粉数量多,水口应尽量多、大。

因此钻头指标如下: $\varnothing 96 \text{ mm}$ ,胎体硬度 HRC36~39,金刚石品级 JR5,粒度 46/60 目,浓度 100%,底唇面形式为尖齿型。

扩孔器采用与钻头相对应的螺旋状聚晶金刚石扩孔器。

## 3 施工工艺

### 3.1 钻孔结构

本着钻孔结构简单合理的原则,开孔采用  $\varnothing 130 \text{ mm}$  硬质合金钻头钻进,钻至中风化岩下入  $\varnothing 127 \text{ mm}$  套管,然后换  $\varnothing 110 \text{ mm}$  金刚石单管钻具钻进至完整基岩,下入  $\varnothing 108 \text{ mm}$  套管,后换 S95(钻头加大至  $\varnothing 96 \text{ mm}$ ) 金刚石绳索取心钻具钻进至终孔。孔深超过 1000 m 时,若采用 S95 钻进困难,可选择 S75 继续钻进至终孔。

### 3.2 绳索取心钻进参数

金刚石钻进参数的选择直接影响着钻进效率,而钻进规程参数受许多可变因素的影响,如岩石的性质、钻孔结构、钻头类型、孔深等,因此必须根据具体情况优化设计。

#### 3.2.1 钻压

对孕镶金刚石钻头:

$$P = Sp$$

$$S = \pi(D^2 - d^2)/4$$

式中: $P$ ——钻压,kN; $S$ ——钻头环状胎体面积, $\text{m}^2$ ; $D$ ——钻头外径,m; $d$ ——钻头内径,m; $p$ ——破碎岩石所需压力,根据区内岩石情况和有关资料,取 4000~5000 kPa。

计算得: $P = 16.88 \sim 21.10 \text{ kN}$ 。

考虑可变因素较多,选择 S95 绳索取心钻进钻压范围 16~24 kN。

#### 3.2.2 转速

$$n = 60V/(\pi D_{\text{胎}})$$

$$D_{\text{胎}} = (D_{\text{外}} + D_{\text{内}})/2$$

式中: $n$ ——转速,r/min; $V$ ——孕镶钻头圆周线速度要求,根据经验和有关资料,取值 1.5~2.5 m/s; $D_{\text{胎}}$ ——钻头底面平均直径,m; $D_{\text{外}}$ ——钻头底外径, $9.6 \times 10^{-2} \text{ m}$ ; $D_{\text{内}}$ ——钻头底内径, $6.2 \times 10^{-2} \text{ m}$ 。

计算得: $n = 363 \sim 605 \text{ r/min}$ 。

考虑到设备和孔深的因素,选定转速为 300~600 r/min。

#### 3.2.3 泵量

在不考虑漏失的情况下,按照经验,上返速度  $V_{\text{返}}$  达到 0.5 m/s 时,能满足冷却钻头和排出孔内岩粉的需要。

$$Q = 60S_{\text{环}}V_{\text{返}}$$

$$S_{\text{环}} = \pi(D_{\text{孔}}^2 - D_{\text{杆}}^2)/4$$

式中: $Q$ ——泵量,L/min; $S_{\text{环}}$ ——钻孔环状间隙截面积, $\text{m}^2$ ; $D_{\text{孔}}$ ——钻孔直径, $9.65 \times 10^{-2} \text{ m}$ ; $D_{\text{杆}}$ ——钻杆外径, $8.9 \times 10^{-2} \text{ m}$ 。

计算得: $Q = 0.0328 \text{ m}^3/\text{min} \approx 33 \text{ L/min}$ 。

在此基础上,综合漏失、扩孔、水泵挡位等因素,确定泵量为 42~52 L/min,即 BW-250 型泵的一挡泵量即可。

## 3.3 冲洗液及循环系统

### 3.3.1 冲洗液(泥浆)配制方案

开孔使用  $\varnothing 130 \text{ mm}$  硬质合金钻进,采用优质膨润土、纯碱和水制成的固相泥浆,配比为:膨润土:碱:水 = 25:1:200。制成的泥浆性能指标为:粘度 25 s、密度 1.10 kg/L 左右。

绳索取心钻进时考虑如下 4 种泥浆:

(1)清水 + 1% 皂化油;

(2)清水 + 1% 皂化油 + (0.1% ~ 0.5%)

HPHP;

(3)清水 + 0.1% CMC + 0.1% 水解聚乙烯醇;

(4)原冲洗液+“801”堵漏剂。

施工时根据地层条件,采用相应配制方案。

金刚石钻进孔段采用聚丙烯酰胺无固相冲洗液,一般加量为0.3%~0.5%,视孔内阻力、漏失情况而定。在地层完整的孔段加入适量皂化油,以减少聚丙烯酰胺用量。控制冲洗液粘度为18 s。

采用聚丙烯酰胺无固相泥浆作为金刚石绳索取心钻进冲洗液,有效地保护了孔壁的稳定,减小了钻进阻力,岩粉能及时排出,保证了钻进的顺利进行。

### 3.3.2 冲洗液的净化

冲洗液净化采用沉淀法。为确保孔内干净,一定要保证循环槽的长度和沉淀池的数量,设计要求循环槽长度 $\leq 20$  m,沉淀池不少于2个。

### 3.4 其他措施要求

针对钻孔深、口径大的特点,制定了一系列技术措施,主要可总结为“孔外三加固”、“孔内三强化”、“人员三保证”、“设备三改进”。

#### 3.4.1 孔外三加固

即加固地基、绷绳和底梁。

地基加固:场地整平夯实后,上面先用C15混凝土铺垫约15 cm,再铺设木板,木板上面安装钻机地梁。

绷绳加固:通常情况下固定钻塔的绷绳为4根,为了提高钻塔的稳定性和承载力,可增加到8根或10根。在钻塔中部增设4根绷绳,钻塔顶部增设2根向外拉的绷绳。

地梁加固:原配套地梁中有2根双梁,为确保深孔钻进的稳固,增加2根双梁与原来地梁平行摆放。

#### 3.4.2 孔内三强化

强化冲洗液的使用与管理,强化机具配合使用,强化按操作规程操作。在使用S95绳索取心钻具时要注意2点:一是每次打捞出岩心后一定要检查总成,轴承是否损坏、调整螺母是否松动、磨损情况等;二是总成打捞出孔口时,一定要先把保险销子安好后再提出内管放倒。

#### 3.4.3 人员三保证

机台施工人员要挑选业务素质高、责任心强的工人,保证在施工过程中不发生责任事故并及时发现问题制定对策。项目部工作人员要加强管理,保证机台的供应、安全、技术措施到位。上级领导要经常深入机台监督检查施工情况,保证施工人员无后顾之忧。

#### 3.4.4 设备三改进

浅孔采用XY-4型钻机钻进时:动力由原来30 kW电机改成37 kW电机带动;游动滑车由单轮改成双轮四绳提拉,使提下钻时更平稳,减轻钻塔的晃动,减少钻塔的附加载荷;三是在钻塔中上部位设加固钢制圈梁,以增加钻塔的稳定性和承载能力,同时又不妨碍提升钻杆。

## 4 主要成果及分析

### 4.1 主要成果

经过2个勘探孔的施工,取得了以下主要成果。

(1)圆满完成了勘探施工任务,各项指标符合设计要求。

(2)验证了选择方案的正确性,钻进参数及冲洗液设计的合理性,制定的技术措施的有效性。

(3)使用S95绳索取心钻具和国产设备钻进孔深至1189.30 m,有效地验证了国产设备和S95钻具的应用能力和性能。

(4)采用S75绳索取心钻具钻进孔深1405.60 m,在我省同类钻进中尚属首次,为今后的深孔钻探积累了丰富的施工经验。

(5)提高了机台管理水平和工人的技术素质。

(6)为S95绳索取心钻具的推广和应用提供了可靠的依据和参数。

(7)进一步拓宽了岩心钻探的服务领域。

### 4.2 S95绳索取心钻具达到的主要技术指标及分析

#### 4.2.1 S95绳索取心钻具取心情况

使用S95绳索取心钻具取心回次情况见表1。

表1 S95绳索取心回次统计表

孔号	进尺 /m	回次数 /个	回次进尺 /m	提钻次数 /次	提钻间隔 /m	最大提钻 间隔/m	最小间隔 /m	打捞成功率 /%	投放到位率 /%	岩心采取率 (基岩)/%
姜浅1	662.74	293	2.26	10	66.28	91.15	10.3	97	98	100
姜浅2	1141.39	433	2.64	11	114.14	226.21	3.03	97	97	100
合计	1804.13	726	2.50	21	85.91	226.21	3.03	97	98	

由表1可以看出,在内管长为3.0 m的情况下回次进尺可达2.5 m以上,说明钻具配合恰当,总成

调节机构合理稳定。提钻间隔主要是由钻头寿命决定的,在施工中提钻的原因主要是为了换钻头,其他

原因导致的提钻在 2 个孔中仅有 2 次。

内管打捞不成功的原因多是因为回次进尺没有及时控制,岩心太满,或岩心堵塞造成的。为了防止提钻,通常用脱卡器脱离内管总成,回车空转几次后进行二次打捞。

内管投放不到位的原因:一是孔深较大到位时的撞击声音小,没有感觉到,误认为没到位;二是钻杆有变形,阻碍了内管下降。在没有把握内管已经到位时,均须提出内管进行二次投放,不可盲目钻进。从打捞成功率和投放到位率看,上述情况并不多见。

总之我们选择的 S95 绳索取心钻具性能稳定,技术过关,是一种完全可行的钻进工具。

#### 4.2.2 金刚石钻头使用情况

从总体看,单个钻头保持了较高的进尺,这主要是因为地层硬度不大且比较完整。姜浅 1 孔钻头寿命相对较低的原因主要是我们第一次使用 S95 绳索取心钻进,处于摸索阶段,怕进尺太多使钻头外径不能保证而没有充分发挥出钻头的能力。从提出的钻头层面看,大部分钻头还可以继续使用。

金刚石钻头使用情况见表 2。

#### 4.2.3 钻探效率(见表 3)

表 2 金刚石钻头使用情况统计表

孔号	钻头编号	胎体硬度(HKC)	进尺/m	孔段/m	备注
	9608	39 ± 1	29.27	139 ~ 168	
	9609	39 ± 1	78.90	168 ~ 247	
	9610	39 ± 1	91.15	247 ~ 338	
	9611	39 ± 1	45.59	338 ~ 384	
姜浅 1	91032	36 ± 1	72.95	384 ~ 457	
	91033	36 ± 1	42.24	457 ~ 499	
	91034	36 ± 1	89.05	499 ~ 588	
	91035	36 ± 1	77.02	588 ~ 665	
	91036	36 ± 1	78.03	665 ~ 743	
	91037	36 ± 1	58.54	743 ~ 802	
	平均钻头进尺/m			66.28	
姜浅 2	11928	39 ± 1	187.16	48 ~ 235	
	11929	39 ± 1	94.10	235 ~ 329	
	11930	39 ± 1	49.26	329 ~ 378	
	11931	39 ± 1	122.14	378 ~ 500	
	11934	39 ± 1	29.23	500 ~ 530	
	11935	39 ± 1	204.23	530 ~ 734	
	11936	39 ± 1	46.56	734 ~ 780	
	11937	39 ± 1	3.03	780 ~ 783	非正常
	11938	39 ± 1	226.21	783 ~ 1009	
	11940	39 ± 1	28.04	1009 ~ 1037	
	11941	39 ± 1	151.66	1037 ~ 1189	
平均钻头进尺/m			114.14		
总平均钻头进尺/m			85.91		
最高单钻头进尺/m			226.21		

表 3 钻探效率统计表

孔号	孔段/m	进尺/m	时间利用						台月数/台月	台月效率/m	平均时效/(m·h <sup>-1</sup> )	最高班进尺/m	
			纯钻/h	/%	辅助/h	/%	停待/h	/%					合计/h
姜浅 1	139.10 ~ 801.84	662.74	654.50	57	400.00	35	94.50	8	1149	1.60	415	1.01	10.32
姜浅 2	47.91 ~ 1189.30	1141.39	989.84	55	686.16	38	112.00	7	1788	2.48	460	1.15	15.98
合计		1804.13	1644.34	56	1086.16	37	206.50	7	2937	4.08	442	1.10	15.98

## 5 结论及建议

(1) S95 绳索取心钻进具备与其他口径绳索取心钻进同样的优点和优越性。适用于岩心钻探、工程勘察等,特别是深孔钻进。

(2) S95 钻具采用的金刚石钻头外径应加大至 96 mm。

(3) 国产 XY 系列钻机对 S95 钻具有较好的适应性。XY-4 型钻机适应孔深 < 800 m, XY-5 型钻机适应孔深 < 1100 m。

(4) 应根据地层地质条件合理选择钻头形式和参数。

(5) S95 绳索取心钻进适应规程参数: 钻压 10 ~ 20 kN, 转速 300 ~ 600 r/min, 泵量 42 ~ 52 L/min。应根据地层和孔深情况合理选择。

(6) Ø89 mm 绳索取心钻杆不宜作护壁套管使用。

(7) S95 绳索取心钻具可以作为常规钻具配备到生产机台,也适合全面推广应用。