

固体矿床泡沫钻探

戎 信 陈惟明 于长有

(中国地质大学·武汉)

固体矿床泡沫钻探是地质矿产部“七五”科技攻关项目。文中对泡沫钻探的特点、配套设备的选择和设计、钻进工艺等进行了较为详细的论述,列出了相应的技术指标。

关键词: 泡沫钻探;洗孔介质;空压机;灌注泵;泡沫发生器



钻探技术
通过部级鉴定。

固体矿床泡沫钻探,是地质矿产部“七五”科技攻关项目。经过 3 年的室内和野外试验,已取得

了完整的成果,于 1989 年

野外生产实钻先后在宁夏金场子和甘肃南金山两个矿区进行,完成钻探工作量 1105.55m。6 个钻孔中最深者达 300.26m(孔径 76mm),孔内水柱高 235m。试验了硬质合金钻进、金刚石绳索取心钻进、金刚石钻进及孔径 56mm 的金刚石钻进等。

泡沫钻探的特点

1. 地质效果好

金场子岩金矿 1984~1986 年曾采用泥浆

钻进、干空气钻进、上部干空气下部泥浆混合钻进,3 年进尺 2591m,均因岩矿心采取率达不到地质要求,未参加储量计算,仅作地质参考。而采用泡沫钻进的两个试验钻孔,均达到地质要求的岩矿心采取率,定为优质孔(表 1)。

此外,泡沫钻探取出的岩矿心原状性好,表面光滑,岩心层理分明,解理面中的软泥夹层完整。

2. 钻进效率高

从表 2 可见,无论是在岩石完整的南金山矿区,还是极度破碎的金场子矿区,其台月效率和小时效率,泡沫钻进皆优于泥浆钻进。

3. 事故率降低

由于泡沫钻进克服了漏失,省掉了灌注

不同洗孔介质的取心率比较表

表 1

矿区	地质情况	统计年限	使用介质	孔数	矿心平均采取率 (%)	岩心平均采取率 (%)
金场子矿区	微细浸染型层控矿床,矿层	1985~1986	干空气泥浆	9	72.0	83.0
	非常破碎、漏失严重	1987	泡沫	3	87.3	90.9
南金山矿区	变质石英岩矿层,次生石英	1984~1988	泥浆	152	82.95	85.58
	砂岩、变凝灰岩,漏失	1988~1989	泡沫	4	97.75	94.0

不同介质的钻进效率对比表

表 2

试验矿区	年 份	冲洗介质	平均台效 (m/台月)	台效对比 (%)	平均时效 (m/h)	时效对比 (%)
南金山	1984~1988	泥 浆	338.1	100	1.04	100
	1989	泡 沫	580.16	172	1.83	176
金场子	1984~1986	干空气泥浆	244.47	100	1.17	100
	1987	泡 沫	324.9	133	1.24	106

不同介质钻进事故时间对比表 表 3

矿区	年 份	介 质	事故及等待 (%)	孔内事故 (%)
金场子	1984	泥 浆	32.9	13.5
	1985	干空气	28.4	20.6
	1986	混 合	25.6	9.1
	1987	泡 沫	27.7	4.9
南金山	1984~1988	泥 浆	19.2	未列
	1989	泡 沫	11	4

水泥、候凝及钻开水泥塞等时间，减少了卡钻、埋钻和断钻杆的时间，所以事故时间较泥浆钻进有明显降低（表3）。

4. 成本减少

表4是甘肃地矿局统计的不同介质钻进成本。从表4看出，在漏失地层，泡沫钻进每米的费用较泥浆降低2倍多，如果将堵漏候凝花费的工时计算在内，经济效益将更大。

不同冲洗方式费用对比表

表 4

冲洗方式	地层情况	冲洗介质成本 (元/m)		备 注	
		小 计	10.59		
空气泡沫		其中	ABS	3.28	ADF为7.48元/m 空压机消耗
			水	4.92	
			油料	2.39	
泥 浆	漏失护堵	35.78		含工时费ZK104孔	
	不漏失	10.75		未含动力油	
清 水	顶漏钻进	18.75		泵量为30L/min	

配套设备的选择和设计

泡沫钻探和泥浆钻探所采用的设备，只将以泵为主体的循环系统换以空压机为主体的灌注系统即可，其他部分相同。

灌注系统包括：空压机、泡沫灌注泵和泡沫发生器等。

1. 空压机的选择

选择时考虑孔深、孔径、岩层漏失和地下水等。

对于中深孔（300~400m），若岩层完

整，宜选用风量为 $2\text{m}^3/\text{min}$ 左右（漏失地区可加大风量 $3\sim 6\text{m}^3/\text{min}$ ）、风压为 $1.5\sim 3\text{MPa}$ 的空压机。

浅孔（小于150m）可采用低压空压机或小风量（ $1\text{m}^3/\text{min}$ ）、低压力（ 0.7MPa ），两台空压机并联使用。

2. 灌注泵

宜选择WH40型铝质三缸柱塞泵，额定压力为 3MPa ，最大泵量 $30\text{L}/\text{min}$ ，重量 13kg 。该泵轻便、价廉、维修方便，能满足中深钻孔要求。驱动灌注泵宜选JZTY21-4

型无级变速电机。电机与灌注泵配以速比为3:1的皮带轮。

3. 泡沫发生器

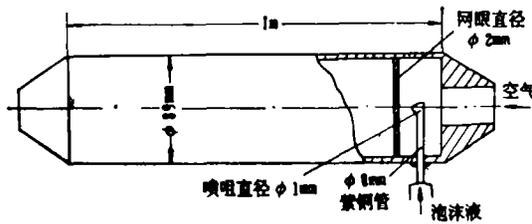


图1 泡沫发生器

泡沫发生器是获取均匀、稳定、连续泡沫的主要部件。压缩的空气和泡沫液经过泡沫发生器产生泡沫,直径在零点几至5~6mm之间。这种泡沫具有很强的结构强度和稳定性,而且,又有强的携带岩粒能力。泡沫发生器有很多种类,但其功能相同。试验采用的结构型式见图1。

钻进工艺

1. 泡沫剂、泡沫液和泡沫

(1) 泡沫剂的选择 分别对十二烷基苯磺酸钠 (ABS)、洗衣粉和钻探专用的泡沫剂 (ADF-1) 等进行了试验。金刚石钻进: 所有试验的泡沫剂满足钻探工艺要求; 硬合金钻进: 若使用ABS作发泡剂,须在粗径钻具上加取粉管,否则大的颗粒会重新落到孔底,造成埋钻。而在带有取粉管的钻具使用QF泡沫剂,取粉管内没有岩粉颗粒,说明专用泡沫剂携粉能力大于ABS。

(2) 泡沫液的配制 泡沫液是由泡沫剂、稳泡剂和水组成。泡沫剂在泡沫液中的含量称泡沫液的浓度。泡沫液的浓度决定于钻孔涌水量大小和泡沫剂商品内有效成分含量。一般在0.3~0.5%。

稳泡剂的作用是增加泡沫壁的厚度。选择稳泡剂时应考虑地下水含离子情况。试验矿区用水含钙离子较多,故选择了羟甲基纤维素 (CMC),其加量0.1~0.2%。

配制泡沫液时,将泡沫剂直接加入水中,

CMC须经浸泡将其溶液加入泡沫液中。

(3) 液气比的掌握 将泡沫液注入到泡沫发生器中,经与压缩空气混合形成稳定的泡沫。泡沫液的体积与空气体积 (压缩空气换算成自由状态下的体积) 比称为液气比。

液气比在1:100~1:300之间,泡沫的运动流态是连续和稳定的。此种流态下,使用多水口孕镶金刚石钻头钻进,泡沫钻进正常进行;

在1:350~1:400时,泡沫出现间隔塞流。若使用普通孕镶金刚石钻头钻进,会发生烧钻现象;

在1:400~1:600时,泡沫介质呈完全塞流,这种流态在金场子矿区使用硬质合金钻头,泡沫钻探仍能正常进行。

液气比测定,现场操作程序为先开压风机向孔内送空气,然后开灌注泵向孔内送泡沫液,视孔口返出的泡沫质量而调整灌注泵的注入量,从空气流量计上记下空气注入量的同时记下灌注泵注入量,即为液气比。

2. 钻头

适于泡沫钻进的孕镶金刚石钻头在设计中应注意: ①连续破碎面积小,以适应泡沫热传导性特点较液体小的特点; ②水口要多而低,以增加钻头唇面的冲洗; ③钻头破碎面最好呈阶梯形或弧形面,以减少泡沫在孔底流动的阻力。

通过室内试验和优选,并经野外实钻证实,图2、3所示的钻头型式适合泡沫钻进的特点。

3. 规程参数

包括钻压、转速、空气量和泡沫灌注量等。

(1) 钻压 在中深孔中,可参照液体循环钻压来选用。用 $\phi 76\text{mm}$ 金刚石钻进中硬以上地层,可选用6~14kN钻压;用 $\phi 91\text{mm}$ 硬合金钻进软岩,钻压在7~10kN。

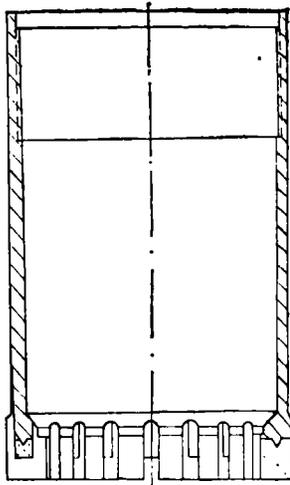


图 2 多水口人造孕镶金刚石钻头

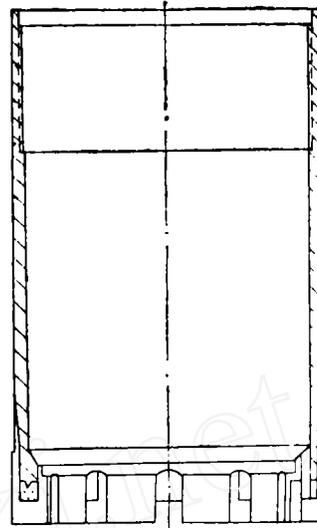


图 3 底喷式人造孕镶金刚石钻头

不同试验钻孔规程参数和指标对比表

表 5

孔号	钻压 (kN)	转速 (r/min)	平均机械钻速 (m/h)	台月效率 (m/台月)	备注
04	3~6	275~500	1.70	466.2	孔径76mm
023	3~8	275~375	0.74	280.4	孔径76mm
012	4.5~5.2	275~500	0.80	478.4	孔径50mm
044	14~38	500~610	1.83	580.16	孔径76mm

(2) 转速 泡沫具有很高的润滑性, 给钻具提高转速创造了条件, 在其他参数配合下, 可适当提高转速。 $\phi 76\text{mm}$ 金刚石钻进在中深孔中, 选用 $375\sim 610\text{r}/\text{min}$, $\phi 91\text{mm}$ 硬合金在 $280\sim 386\text{r}/\text{min}$ 。

(3) 空气量 空气量的确定以泡沫上返速度为依据。试验证明, 在稳定岩层中, 其上返速度 $8\sim 20\text{m}/\text{s}$ 。在 $\phi 76\text{mm}$ 钻孔中使用 $\phi 50\text{mm}$ 钻杆, 空气量在 $2\text{m}^3/\text{min}$ 左

右, 孔底岩粉即可冲洗干净。

(4) 泡沫液灌注量 如前所述, 泡沫液灌注量是以地层所需的液气比来调节的。因此, 灌注泵排量档级范围应在 $5\sim 15\text{L}/\text{min}$ 之间。

4. 泡沫液的回收

回收泡沫液, 不仅减少泡沫用量还可减少水的供应, 这在干旱供水困难地区是很有意义的。

Foam drilling in Solid Mineral Deposit

Rong Xin Chen Weiming Yu Changyou

Technical features of foam drilling, the selection and designing of the necessary equipment to match the foam drilling rig, and the technology of such drilling are discussed in detail. Some relevant technical index are also listed in the present paper.