



200764985



00270311

通 4 9 0 号



爱尔油沥青磺酸钠的制造及应用

52/55/18
王汝堂

樊秀英

一、前 言

(一) 研制爱尔油沥青磺酸盐目的及经过

在石油钻井中, 为了达到快速、安全和优质, 必须使用性能良好的泥浆。由于钻井技术的发展, 并加深了, 速度和质量的要求提高了, 必须研究抗高温并具有良好润滑效果的新型泥浆处理剂。

根据这一需要, 国家地质总局石油钻探技术研究队于1973年正式开始研制爱尔油沥青磺酸盐, 先后共进行了60余次小样试制, 在实验室初步肯定了爱尔油沥青磺酸盐的使用效果。同时初步制定了原料、中间产品及成品鉴定分析项目和操作规程, 拟定了生产爱尔油沥青磺酸盐的工艺条件及流程。

一九七五年初, 与吉林造纸厂、吉林市昌邑区兴华街硫酸铝厂研究决定, 共同研制爱尔油沥青磺酸钠。同年在吉林硫酸铝厂小批试产了三吨可供井下使用的产品。1976年由吉林市昌邑区兴华街硫酸铝厂、吉林造纸厂、湖南石油队和石油钻探技术研究队, 在湖南石油队4009井队, 进行了第一次井下试验, 并取得了理想的效果。试验的结果证明, 爱尔油沥青磺酸钠处理的泥浆性能稳定, 井壁稳定, 润滑效果好。受到了工人同志的重视和好评。

一九七七年初由石油钻探技术研究队报请国家地质总局石油组, 建议筹建年生产能力为300吨的磺化爱尔油沥青的科试车间。

年底由石油钻探研究队、吉林造纸厂、吉林市兴华硫酸铝厂共同协作, 完成了磺化爱尔油沥青车间的流程设计和初步工艺设计; 计划一九七九年生产可供试验用的爱尔油沥青磺化物50吨, 组织现场试验。在扩大现场试验的基础上, 进行鉴定, 提交成果报告。

本产品研制过程中, 地科院勘探研究所、国家地质总局第五普查大队、第三普查大队以及湖南石油队均积极参加了这一工作。

(二) 爱尔油沥青磺酸钠简介

1. 性状

爱尔油沥青磺酸钠(简称STOP)是一种棕黑色粉末, 性脆、易于粉碎。成品含有大部份水溶物和部份油溶或油水共溶物。易溶于油及水中。

2. 应用

(1) 用于制备 $\frac{0}{w}$ 或 $\frac{w}{0}$ 的乳化液, 应用的油可以是原油、柴油、煤油、汽油以及各种石油馏分或其他油类。

(2) 深井泥浆的润滑剂, 可以达到减摩、润滑的效果。也是一种新型的防卡解卡处理剂。

(三) 研制爱尔油沥青磺化物的经济及技术意义

据研制和实验取得的效果, 我们认为研制和生产爱尔油沥青磺酸盐, 具有以下主要经济技术效果。

1. 爱尔油来自瑞典文Tatt一词的译音,

意即松木。因此，也译作松浆油，是硫酸盐法蒸煮松木生产纸浆时的副产物。其主要成分各种复杂的树脂酸和脂肪酸的混合物。在蒸煮液中，它以树脂酸皂及脂肪酸皂的形式漂浮于蒸煮液表面，通过酸化即转变成酸的形式。的妥尔油。

妥尔油的进一步分馏，分馏出低分子量的脂肪酸和树脂酸，供油漆和油墨行业应用。蒸馏后的残留物—“釜脚”，称妥尔油沥青。这是一些在蒸馏过程中聚合或缩合了的，分子量较大的树脂酸和脂肪酸的复杂混合物，在常温下为固体块状。目前妥尔油沥青还没有很好的利用。

将妥尔油沥青改性，应用于石油钻井，变废为宝，在大搞综合利用和环境保护方面都有积极意义。根据我们粗略的估计，全国几家大纸厂，可能提供的妥尔油沥青量为3000T/年。这不但足以满足我国石油钻井的需要，同时也解决了妥尔油沥青综合利用的问题，将为环境保护作出贡献。

2. 目前在国外磺化妥尔油沥青已广泛用于石油钻井，作为泥浆的润滑添加剂。随着我国石油钻井事业的发展，深井及超深井将日益增多。随着井的加深，就极易发生粘附卡钻，深井钻井润滑问题，已引起人们的普遍重视。妥尔油沥青磺酸盐的研制成功和正式生产，将为我国石油钻井的深井钻进，提供一种有效的防卡、解卡处理剂。

3. 妥尔油沥青磺酸盐不仅具有良好的润滑效果，而且处理后的泥浆性能稳定，间接的节省了其它处理剂的消耗。加之由于它具有的多种效能，将普遍地应用于乳化、润滑、减阻、降失水、降粘和改善流型等方面。因此，它是一种优质多效的泥浆处理剂。

4. 根据室内和小批量的生产，初步估计成品单价大约在1500—1800元/吨之间。我国最近钻达7058米的超深井，添加的润滑剂CP-233，单价7000元/吨，相比之下，使用STOP的成本是低廉的。

二、原材料、中间产物及产品的控制指标

(一) 原材料指标

1. 妥尔油沥青：本试验从小型试制到井内试验均以吉林造纸厂生产的妥尔油沥青为原料，由石油钻探技术研究队测定的物、化性能如下：

皂化值：100—123 mg KOH/克；

酸 值：19.7 mg KOH/克；

碘 值：30—36克碘/100克；

软化点：80℃；

水分：<0.3%一般随空气中湿度的变化而变化。

其中软化点和碘值是妥尔油沥青的两项重要指标，分别表示妥尔油沥青的聚合或缩合的程度以及双键的多少，对产品性能和可能磺化的程度有较大的影响。

2. 煤油：作为惰性溶剂，大部分妥尔油沥青的脂肪酸脂能溶解于煤油中。煤油中的水分应受到限制，并在生产中给以控制。水分含量不应大于0.3%。

3. 烟酸：为了运输和储存的方便，以20—25%烟酸为宜。在工业生产上更宜于采用以硫磺燃烧法，转化成SO₂的磺化路线。

(二) 中间产品的控制指标

生产中对中间产物控制项目是比较多的。其中最主要的控制指标为：废溶剂中磺酸钠含量；残余沥青含量的控制；磺酸软块中磺酸酸值的控制；硫酸酸值的控制；中和软块中水分和硫酸钠含量的控制等。

当采用解析SO₂的气体磺化工艺时：

1. 磺酸软块中暂规定磺酸酸值为：34.6 mg KOH/克软块。以保证有较好的水溶性。

2. 磺酸软块中硫酸酸值应不大于17.2 mg KOH/克软块。以保证产品中Na₂SO₄含量不大于5%。

3. 废溶剂油中，磺酸和残余沥青的总

量不大于溶剂总量的3%。

4. 中和软块中水分含量不大于50%。

(三) 产品质量指标控制

1. 有效物含量不低于90%。

2. 水分含量不大于5%。

3. 硫酸钠的含量不大于5%。

以上控制指标的测定方法见分析与鉴定部分。

三、磺化妥尔油沥青的实验室制备

(一) 磺化妥尔油沥青的工艺条件

制备妥尔油沥青磺酸盐时，先把妥尔油沥青溶于适当的惰性溶剂中，这种溶剂应能把妥尔油沥青稀释分散，而本身又不被磺化剂所磺化。适用的惰性溶剂，可以是 CCl_4 、 CHCl_3 、戊烷、正己烷、汽油、煤油及其它类似的物质。如果用 SO_3 作磺化剂，用液态的 SO_2 作稀释剂特别合适。在反应前先把稀释剂加至沥青中。溶剂与产品的分离与回收，可以用常规的分液法及适当的溶剂萃取。

推荐用的磺化剂是发烟硫酸（含20% SO_3 ）或无水 SO_3 。亦可采用其它的磺化剂，如氯磺酸。

磺化温度可以在 18°C 至 120°C 广阔范围内完成。但磺化温度过高，常常发生过度磺化，同时生成 SO_2 。因此，最好避免采用高温。

磺化剂对妥尔油沥青的比例，按 SO_3 计，一般为0.1:1和1:1的范围。

(二) 实验室妥尔油沥青磺酸盐制备

1. 原理

将妥尔油沥青用溶剂溶解，用发烟硫酸或者 SO_3 气体磺化，并用碱中和，则得妥尔油沥青磺化物。

2. 室内磺化设备

25瓦电动搅拌机一台；玻璃恒温水浴一套；玻璃三口或四口瓶一个。

3. 室内磺化投料比

妥尔油沥青：100克；

稀释剂（煤油）：500毫升；

磺化剂20%发烟硫酸：125毫升。

4. 磺化工艺流程

室内试制妥尔油沥青磺酸盐的工艺流程示意如下：

(1) 溶解妥尔油沥青：在洗净并干燥的三口瓶中，加入500毫升煤油，开启电动搅拌机，缓慢加入100克妥尔油沥青，使之分散或溶解。

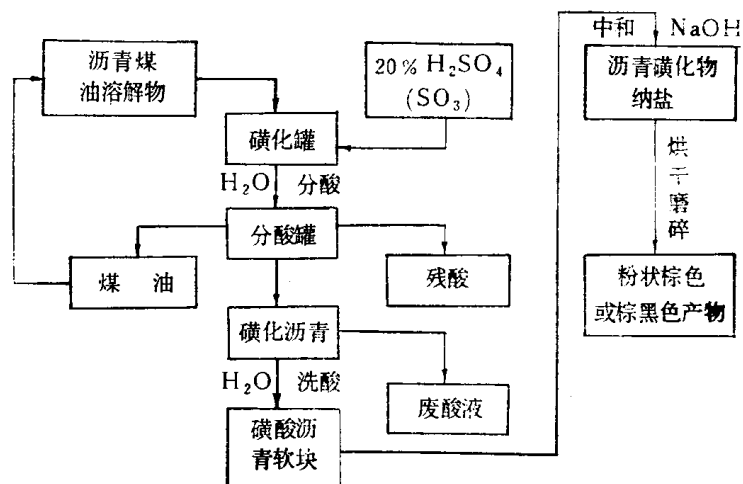


图 1

(2) 磺化：向煤油沥青混合物中缓慢滴加20%发烟硫酸125ml，一般为四小时左右。在磺化过程中，自始至终强烈搅拌，滴加完毕，继续搅拌30分钟（老化半小时），磺化温度一般选择 $15-30^\circ\text{C}$ 。

(3) 加水分酸：磺化完毕，向磺化物中加定量水，使残酸浓度达70%左右。静止过夜若干小时，分离磺化物及残酸。酸性的磺化物呈大的软块。

(4) 加碱中和：将酸性软块反复挤酸，进行水洗多次，测定其总酸值。根据总酸值，计算中和的 NaOH 用量，向酸性软块加入50%浓度的 NaOH 溶液，强烈搅拌，冷

水浴冷却,使中和产物的pH控制在8—9之间。

四、妥尔油沥青磺酸钠使用效果

(一) 实验室的试验效果

1. 有效地降低泥饼的粘滞系数。

表1为在淡水、石灰、盐水泥浆中添加了0.4%妥尔油沥青磺酸钠,其泥饼的粘滞系数分别降低至原来的71.1%、74.8%和76%。

2. 妥尔油沥青磺酸钠抗高温效果。

表2为妥尔油沥青磺酸钠同几种有效的泥浆化学处理剂,在混油盐水泥浆中抗高温效能的比较。

实验数据证明,在高温下养护16小时,用STOP处理的泥浆,抗高温性能,明显的优于铁铬木质素磺酸盐及其同铬褐煤的混合

物。(表2中的资料来自渭深-10井泥浆室的资料)

3. 实验室的新进展

鉴于妥尔油沥青磺酸盐所显示的抗高温性能,我们一直注意在实验应用它作为深井泥浆配方的主处理剂。同国内几种新型泥浆处理剂进行对比。这些试验的结果列入表3及表4中。

以上的试验效果表明,STOP是一种性能优良的泥浆处理剂,它能较全面的改善泥浆性能,特别是很好的抗高温性能和降低泥并摩擦系数的良好效果,使研究者甚感兴趣。深信在今后必将受到钻井工作者的欢迎。

(二) 妥尔油沥青磺酸盐的井内试验

自七六年十月十六日至十一月十三日,

表1 妥尔油沥青磺酸钠降低摩擦系数的效果

泥浆类型	STOP 加量 (%)	摩擦系数	摩擦系数降低的 (%)	备注
淡水泥浆	0	0.163	100	
	0.4	0.116	71.1	
石灰泥浆	0	0.210	100	
	0.4	0.157	74.8	
盐水泥浆	0	0.330	100	
	0.6	0.251	76.0	

表2 妥尔油沥青的抗高温性能

泥浆类型		泥浆的组成							
混油泥浆		粗脂肪酸1%; TLM 1.5—2% CMC 0.5% NaCl 7—8%; 重晶石10% 重柴油 7—8%							
TLM	2FM	STOP	室温/高温养护 16小时	泥浆性能					
				γ	T	Q_1-Q_{10}	B	K	P _H
2%	—	—	室温/140℃	1.25/1.25	27"/87"	3.1—12.4/ 0—21.7	2.75/3.5	0.5	10.5/8.3
—	2%	—	室温/140℃	1.26/1.26	34"/101"	0—3/0—21.7	2.0/6.0	0.5/1.0	9.1/8.0
—	—	2%	室温/140℃	1.26/1.26	53.5"/59"	3—9/3—31	2/2	0.5	10.6/8.5

注: TLM—铁铬本质素磺酸盐。

2FM—两份铁铬盐和1份铬褐煤的混合物。

表 3 在褐煤—CaCl₂泥浆中添加STOP的效果

组 成		NaC (15:3:150) 50%; NaOH 0.15%; CaCl ₂ 0.5%								
PAN	SMC	STOP	室温/高温养护 16小时	泥 浆 性 能						
				γ	η 型 (厘泊)	τ_0 磅/100英尺 ²	API 失水 (CC)	摩擦系数	润滑系数	
2%	—	—	室温/220℃	1.13/1.13	33/20	30/27	4.4/11.2	0.162/0.205	0.20/0.14	
—	—	5%	室温/220℃	1.13/1.13	19/10	7/52	2.4/8.8	0.172/0.029	0.22/0.14	
—	5%	—	室温/220℃	1.13/1.13	30/23	34/105	3.2/18.4	0.105/0.090	0.17/0.17	

表 4 在混油盐水泥浆中添加 STOP 的效果

组 成		NaCl 7%, 柴油 8% SP-80 0.3%							
主处理剂 加量 %	室温/高温养护 16小时	泥 浆 性 能							备注
		γ	η 型 (厘泊)	τ_0 磅/100英尺 ²	API 失水 (CC)	摩擦系数	润 滑 系 数		
基 浆	室温/180℃	1.13	17/9	10/17	22.4/86.4	0.027/0.24	0.09—0.10/0.24		
STOP 5%	室温/180℃	1.13	16/10	8/21	12/24	不粘附	0.23/0.15		
PAN 2%	室温/180℃	1.13	14/11.5	18/11.5	27/23.2	0.157/0.019	0.15/0.22		
SMC 5%	室温/180℃	1.13	11/11.5	13.5/21.5	4.4/40.8	不粘附/0.24	0.22/0.18		
SMP 5%	室温/180℃	1.13	10/7	16/36	12/12.8	不粘附/0.119	0.21/0.21		

表 5 几种药剂对泥饼粘滞性能的影响

试验序号	药剂名称	加 量 (%)	泥 浆 性 能						拖动滑块的 拉力 kg	备 注 (%)
			γ	T	B	K	Q ₁ /Q ₁₀	P ^H		
0	井 浆		1.29	23"	8.5	1.0	16.25/25	8.5	112.15	100
1	石墨粉	0.9	1.29	25"	10	1.0	25/35	8.5	198.09	96.1
2	皂化油	1.5	1.29	22"	8.5	1.0	16.25/—	8.5	86.94	77.3
3	柴 油	7		22.5"	8.0	1.0	12/—	8.5	68.64	61.03
4	STOP	0.6	1.29	21.6"	8.5	1.0	6.25/—	8.5	88.86	79.2
5	STOP	1.2		21.6"	8.0	1.0	2.5/—	8.5	77.32	68.7

我们在湖南石油队4009队进行了妥尔油沥青磺酸盐的井内试验。试验井段自井深1663米至1857米，总进尺194米。试验共进行了九个回次，其中包括二次对比性试验(cshi—0[#], shi—1[#]钻头)和三次取心。初步取得了妥尔油沥青磺酸盐使用效果的技术资料。

在试验井，我们保证了大体一致的泥浆性能，测定了泥饼的粘滞系数，钻具的提升

阻力，记录了钻头进尺及钻速的对比资料。观察了妥尔油沥青磺酸盐的润滑效果(见表6)。

试验和表6数据说明：

1. 添加妥尔油沥青磺酸盐有效地降低了钻具的提升阻力(钻具与井壁摩擦阻力)。未加入STOP前，1663米钻具的提升阻力为3390公斤；后依次加入了0.6%和1.2%

表 6 采尔油沥青磺酸盐井内试验记录

日期 时间	钻头编号	地层	井段	钻头型号	进尺 (米)	钻速 米/小时	钻井参数			钻具理论/悬重 (kg)	提升力/提升阻 (格)/力(kg)	泥浆性能					STOP 加重 (kg)	工程情况			
							P	N	Q			r	T	B	K	Q _i /Q ₁₀			PH	at/(kg)	
10.16	Shi	泥岩	1663	M	30	0.85	10.8	低 ₁	39			1.31	25.7	10.5	2	60/65	8	7.6/ 92.81		钻进	
12:28	-0		1693	-10Z								1.31	25.7	10.5	2	60/65	8	7.6/ 92.81		起钻29×38活动 钻具1小时。	
10.18																					下钻正常
15:00	19	泥岩		M																	
19:55	-1			-10Z																	
20	Shi	泥岩	1693	M	36	0.85	13	低 ₁	39	/	/	1.32	26	12	2.5	68.5/ 54.5	7.5	8/ 96.55		钻进	
2:13	-1		1729	-10Z								1.32	26	12	2.5	68.5/ 54.5	1.5	8/ 96.55		起钻22×12 24×12; 29×39	
22																					
3:00																					
23	Shi	泥岩		取心 φ109																	下钻
6:40	-2																				
23	Shi	泥岩	1729	取心 φ109	5	0.625	8.6	低 ₁	39			12.8	28.2	12	2.0	20/50	8.0	7.6/ 92.81	900/ 0.5%	理泥浆	
13:35	-2		1734	φ109																	
23:00																					
24	Shi	泥岩	1734	M																	起钻
13:50	-3			-10Z																	下钻51立柱有遇 阻显示
22:00	Shi	泥岩	1734	M	20	1.17	13	低 I-II	39			1.29	24.8	13	2	40/60	8	7.4/ 90.78		钻进	
22:00	-3		1754	-10Z																	
27																					起钻29立柱(原 28立柱)遇阻冲孔
10:00																					

续表 6

日期 时间	钻头 编号	地 层	井 段	钻 头 型 号	进 尺 (米)	钻 速 米/小时	钻 井 参 数			钻具理论/悬重 (kg)	提升力/提升阻 (格)	泥 浆 性 能						STOP 加量 (kg)	工 程 情 况	
							P	N	Q			r	T	B	K	Q ₁ /Q ₁₀	PH			at/(kg)
31 0:50	Shi -4			M- 10Z															下钻正常	
8:00	Shi -4	泥 灰 岩	1754 — 1791	M- 10Z	37	0.77	8.6	低 I-II	35			1.32	27.2	10	1.5	52.5/ 60.75	7+ 7	7.4/ 90.78	1050/ 0.6%	钻进
11.3 18:00										56300/40	40.5/1130	1.32	27.2	10	1.5	52.5/ 60.5	7+ 7	7.4/ 90.78		起钻, 29 立柱 (原28立柱) 遇阻 冲孔
4 7:35	Shi -5			取 心 φ190																下钻正常
12:05		泥 灰 岩	1791 — 1794	取 心 φ190	3	0.40	8.6	低 I	20—30			1.32	32.5	10	1.5	62.5/ 7.5	6.5+ 7.4/	7.4/ 90.78		钻进
4 22:10										56300/38	38.5/1130	1.32	32.5	10	1.5	62.5/ 7.5	6.5 7.4/	7.4/ 90.78		起钻, 正常
5 1:05	Shi -6			取 心 φ190																下钻正常
11:15	Shi -6	泥 灰 岩	1794 — 1802	取 心 φ190	6	0.38	8.6	低 I	20—30			1.28	30.6	10	1.5	38.8/ 62.5	8 6.9/	6.9/ 85.98	1950/ 1.2%	钻进
6 0:10										64000/38	38.25— 38.3 / 56.5— 67.8	1.28	30.6	10	1.5	38.8/ 62.5	8 6.9/	6.9/ 85.98		起钻正常

续表 6

日期 时间	钻头 编号	地 层	井 段	钻 头 型 号	进 尺 (米)	钻 速 (米/小时)	钻 井 参 数			钻具理论 / 悬重 (kg) / (kg)	提升力 / 提升阻 (格) / (kg)	泥 浆 性 能						STOP 加量 (kg)	工 程 情 况	
							P	N	Q			r	T	B	K	Q ₁ /Q ₁₀	PH			at/(kg)
18:00	Shi-7			M-10Z															下钻正常	
7 5:02	Shi-7	泥 灰 岩	1802 1834	M-10Z	32	0.71	8.5 13	低 I-II	30			1.35	38	10	1.5	40/60	8	7.0/ 86.89		钻进
9 23:00	Shi-7									61000/38	38.3/67.8	1.35	38	10	1.5	40/60	8	7.0/ 86.89		起钻29立柱 (原 28立柱) 遇阻冲孔
10 11:45	Shi-8			M-10Z																下钻正常
17:30	Shi-8	泥 灰 岩	1834 1857	M-10Z	23	0.60	12.6 13.6	低 I-II	20-30			1.27	30			43.75/ 53.75	8	7.0/ 86.89		钻进
13 7:30											565-678	1.27	30				8	7.0/ 86.89		起钻: 29 立柱 (原28立柱) × 23 一次起出

注: ①at/kg一栏表示泥饼粘滞力的大小。

②工程一栏的数字与乘号, 如29 × 38, 表示遇阻井段的立柱号 × 遇阻格数。

③提升阻力的测量, 是读出匀速提升钻具时的受阻格数, 然后起出四立柱钻具, 读出悬重减少的格数, 计算出指重表表示的实际重量, 而计算出来的。

STOP, 提升阻力分别降至1130公斤和565—678公斤, 仅相当于加入前的1/3到1/5左右。同时, 下钻遇阻消失, 起钻指重表平稳, 灵敏表一般情况下能稳定不动。原来提钻遇卡的第29立柱处(井深847米, 疑为“键槽”的卡点, 每回次逐步上移(共移20米); 在最后一回次上提遇卡时, 23格一次拉开(原来即使超过悬重38格, 反复活动数十分钟也无效果, 必须对上方钻杆, 冲孔活动钻具方能解卡)。显然, 加入妥尔油沥青碳酸钠后, 润滑状况得到了明显的改善。

为了从量的关系上进一步说明问题, 我们自行制造了一种压力式的泥饼粘滞系数测定仪, 用以测定泥饼的粘滞系数、泥饼粘滞系数的大小和滑块停置时间方面的关系, 以鉴定润滑剂效果。在现场对添加STOP 泥浆的润滑性能进行了测定, 为了对比, 同时也测定了含石墨粉、皂化溶解油、混入柴油的泥浆(这三种泥浆经钻进实践证明均具有较好的润滑效果)。测定结果表明: 添加 stop 泥浆性能优于后三者, 见表5。

2. 提高了机械钻速: 在泥浆中添加妥尔油沥青碳酸盐后, Shi-3[#] 钻头同相邻的 Shi-1[#] 钻头相比, 在钻井参数基本相同, 同一地层的条件下, 钻头的机械钻速提高了37.6% (见表6)。

五、STOP生产中的分析与鉴定方法

(一) 原材料的分析与鉴定方法

1. 妥尔油沥青的分析

(1) 妥尔油沥青水分含量的测定

原理: 采用妥尔油沥青与无水溶剂二甲苯混合, 形成饱和液, 用蒸馏法测定其水分含量, 用重量百分数表示。

A. 仪器与材料

水分测定器包括玻璃圆底烧瓶, 容量为500毫升; 接受器和直管式冷凝管长度为250—300毫米。水分测定器各部分联接处用玻璃磨口塞。接受器的刻度在0.3毫升以下

标有十等分的刻线, 0.3—1.0毫升之间标有七等分的刻线, 1.0—10毫升之间, 每分度为0.2毫升。

溶剂: 二甲苯。

无釉磁片、浮石或一端封闭的玻璃毛细管, 使用前必须烘干。

B. 试验

先洗净并烘干的圆底烧瓶中, 放入混合均匀的妥尔油沥青100克(称准至0.1克)。

用量筒量取无水二甲苯溶剂溶解妥尔油沥青(必要时加温溶解), 使其达到饱和溶液(注意仔细摇匀), 然后投入一些无釉磁片, 浮石或毛细管。

洗净并烘干的接受器要用它的支管紧密地安装在烧瓶上, 使支管的斜口进入烧瓶15—20毫米, 然后在接受器上连接直管式冷凝管。冷凝管的内壁要预先用棉花擦干。安装时, 冷凝管与接受器的轴心线要互相重合。冷凝管下端的斜口切面要与接受器的支管口相对。为了避免蒸气逸出。应在塞子缝隙上涂火棉胶。进入冷凝管的水温与室温相差较大时, 应在冷凝管的上端用棉花塞住, 以免空气中的水蒸汽进入冷凝管凝结。

用万用电炉加热烧瓶, 并控制回流速度(使冷凝管的斜口每秒钟滴下2—4滴液体)。

蒸馏接近完毕, 如果冷凝管内壁沾有水滴, 应使烧瓶中的混合物在短时间进行剧烈沸腾, 利用冷凝的溶剂将水滴尽量洗入接受器中。

接受器中收集的水体积不再增加, 而且溶剂的上层完全透明时, 应停止加热。总之, 回流时间 ≤ 1 小时(停止加热后, 如果冷凝管内壁仍沾有水滴, 应用二甲苯溶剂冲进接受器)。

烧瓶冷却后, 将仪器拆卸, 读出接受器中收集水的体积。

当接受器中的溶剂呈现浑浊, 而且管底收集的水不超过0.3毫升时, 将接受器放入热水中浸20—30分钟, 使溶济澄清, 再将接

受器冷却到室温，并读出管底收集水的体积。

(注：妥尔油沥青的水分超过10%时，妥尔油沥青的重量应减少，要求蒸出的水不超过10毫升)。

$$\text{水分}\% = \frac{V}{G} \times 100 \text{ (重量百分数)}$$

V ——在接受器中收集水的体积，毫升；

G ——妥尔油沥青的重量，克。

(2) 妥尔油沥青机械杂质含量的测定
常规重量法：以乙醚为溶剂， G_3 漏斗过滤，100—105℃恒重二小时。

(3) 妥尔油沥青皂化值测定

指的是1克沥青中所含全部游离脂肪酸所必需的苛性钾的毫克数。

A. 原理

以苯或四氯化碳溶解样品，以过量的KOH-乙醇溶液皂化，并以酚酞作指示剂。用0.5N HCl滴定过量的KOH，同时作空白。

B. 试剂配制

① 0.5N KOH-乙醇溶液：1升烧瓶中，置KOH 5~10克，95%乙醇800毫升水浴回流30—60分钟，收集蒸馏出的乙醇500毫升，在15.5℃下溶入17.1克KOH（碳酸盐含量很低的），溶液必须清晰。

② 酚酞指示剂（1%）。

③ 0.5N盐酸溶液（标定）。

④ 苯：分析纯。

⑤ 0.1%甲基橙指示剂。

C. 测定方法：

称取5克妥尔油沥青（称准至0.001克），用苯溶解，并稀释至100毫升，称5%沥青苯溶液。准确吸取5%妥尔油沥青苯溶液25毫升；于三角烧瓶中准确加入0.5N KOH-乙醇溶液25毫升；于三角瓶中，水浴回流1小时，轻轻摇动，呈微沸状态。回流之后，用10毫升95%乙醇冲洗回流管内壁，洗液并入

三角瓶内。加酚酞3—5滴，趁热用0.5N HCl滴定，（必要时，可在水浴上稍微加热）直至红色消失（轻摇防止乳化），界面间明显呈现两层：上层黑绿色，下层黄色。在滴定过程中同时作空白对照试验（注：空白对照试验，苯25毫升，加0.5N KOH-乙醇溶液25毫升，水浴回流15分钟，加酚酞3—5滴，趁热用0.5N HCl滴定之）。

$$\text{皂化值} = \frac{(V_0 - V) N 56.11}{G}$$

$$\text{或者，羧基} = \frac{(V_0 - V) N}{G} \text{ 毫克当量/}$$

克，羧基包括游离羧基及可皂化的羧基。

(4) 妥尔油沥青酸值测定

酸值：指的是中和1克沥青中游离脂肪酸所需氢氧化钾的毫升数。

A. 原理：以苯作溶剂，溶解样品，用过量KOH-乙醇溶液中和游离酸，以酚酞作指示剂，用盐酸滴定过量的碱；同时作空白对比试验。

B. 试剂：苯—分析纯；

0.05N KOH-乙醇溶液（标定）；

0.05N HCl；

酚酞作指示剂。

C. 测定：准确吸取5%沥青苯溶液25毫升，准确加入0.05N KOH-乙醇溶液25毫升于三角烧瓶中，水浴微沸5分钟，轻摇加1%酚酞指示剂3—5滴，用0.05N HCl滴定至界面明显分两层：上层浅红色，下层褐色；同时作空白对照试验（注意：一定缓慢摇动）。

$$\text{酸值} = \frac{(V_0 - V) N 56.11}{G}$$

(5) 妥尔油沥青碘值的测定

碘值指10克沥青吸收碘的克数，表示样品的不饱和程度。

A. 原理：以氯化碘饱和沥青中的双键，过量的碘用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 反滴定。

B. 试剂配制：

15% KI 溶液；

0.1 N $K_2Cr_2O_7$ 标准溶液;

0.5 N 碘淀粉指示液;

0.1 N $Na_2S_2O_3$ 标准溶液 (每 15 天标定一次)。

标定:称取 120℃ 烘至恒重的基准 $K_2Cr_2O_7$ 0.2 克 (称准至 0.0002 克), 置 500 毫升碘量瓶中, 溶于 25 毫升冷却的水中, 加 2 克 KI 及 20 毫升 4 N H_2SO_4 , 待 KI 溶解后, 置暗处 10 分钟, 加 250 毫升水, 用 0.1 N $Na_2S_2O_3$ 溶液滴定, 近终点时加 3 毫升 0.5% 淀粉指示液, 继续滴定至溶液由兰色变成亮兰绿色, 同时作空白对照试验。

韦氏溶液配制—称取纯碘 6.5 克, 溶于 500 毫升冰醋酸中, 可加热助溶。待冷, 取出 50—100 毫升。并将其余部份通入干燥氯气 (氯气制备详见备注), 至游离碘色消失, 刚呈桔红色为止。通入 Cl_2 的终点以其消耗的 $Na_2S_2O_3$ 量为未通 Cl_2 前的 2 倍 (可用预先取出的那部分碘溶液来调整)。

C. 测定方法: 样品必须绝对干燥, 可预先熔化至熔点以上 10—15℃ 30 分钟。取 500 毫升碘量瓶, 加 CCl_4 20 毫升, 称取绝对干燥的 0.5 克 妥尔油沥青 (称准至 0.0002 克), 准确注入 20 毫升韦氏碘液, 使混匀。将碘瓶置黑暗处 (25℃ ± 5℃) 1 小时, 间而轻轻摇动。取出碘瓶, 加 15% KI 溶液 20 毫升, 水 100 毫升, 用 0.1 N $Na_2S_2O_3$ 标准溶液滴定, 至将近黄色时, 加 0.5% 淀粉指示液 1—2 毫升, 滴定至兰色消失。摇动碘瓶, 使溶入 CCl_4 中的 I_2 析出 (此时溶液复变为兰色), 继续滴定, 直至不再显色为止 (同时作空白试验对照)。

$$\text{碘价} = \frac{(V_0 - V) N \cdot 1269}{G \cdot 1000} \cdot 100$$

2. 溶剂 (煤油) 中水分的测定

要求煤油中水分的含量愈少愈好。其测定方法: 应用水分测定器法 (详见妥尔油沥青水分的测定) 所不同之处是不加其它任何溶剂, 直接量取 200 毫升煤油作水分测定 (当

煤油中水分含量 > 10%, 进行测定时应酌情少取)。

(二) 妥尔油沥青磺化中间过程分析

1. 废硫酸的分析

(1) 总酸值测定

总酸值包括磺酸和硫酸的酸值总和。

方法: 一般酸碱滴定法, 并以酚酞作指示剂。

(2) 硫酸含量的测定

原理及方法: 用 NaOH 中和废酸, 或磺酸钠和硫酸钠的混合物。在 100—105℃ 下烘干, 用甲醇溶解, 过滤后, 将硫酸钠沉淀在 105—110℃ 下烘至恒重, 得无水硫酸钠, 即可计算出废酸中硫酸的含量。

2. 废溶剂油的分析

废溶剂油中包括磺酸、硫酸、溶剂、水。

(1) 总酸值测定

用 KOH-乙醇溶液滴定, 并以酚酞作指示剂。

(2) 磺酸钠含量测定

取一定量废溶剂, 用 NaOH 中和, pH = 7, 得硫酸钠、磺酸钠、残余沥青混合物。在 105—110℃ 下烘干, 用甲醇溶解, 磺酸钠溶于甲醇, 硫酸钠残余沥青不溶于甲醇。过滤, 将磺酸钠溶液收集, 将甲醇蒸出, 得磺酸钠, 在 105—110℃ 烘至恒重。

(3) 残余沥青、硫酸钠含量的测定

将妥尔油沥青溶于苯, 过滤得妥尔油沥青苯溶液, 将苯蒸出, 即得残余沥青。在 100—105℃ 下烘至恒重, 硫酸钠沉淀也烘至恒重, 即可计算出废溶剂油中残余沥青及硫酸含量。

3. 妥尔油沥青磺酸软块分析

(1) 总酸值测定

A. 原理: 用 KOH-乙醇溶液滴定磺酸软块, 以酚酞作指示剂, 测出的总酸值包括磺酸和硫酸的酸值。

B. 试剂:

无水乙醇—试剂级;

0.5 N KOH-乙醇溶液;

1%酚酞指示剂。

C. 测定方法: 称取酸洗后软块1克(称准至0.0001克), 用无水乙醇溶解, 稀释至100毫升, 呈1%软块无水乙醇溶液。准确吸取25毫升软块无水乙醇溶液, 加蒸馏水25毫升, 酚酞3—5滴, 用KOH-乙醇溶液滴定至终点。同时作空白对照试验。

$$\text{总酸值} = \frac{N(V-V_0)56.11}{G}$$

(2) 软块中磺酸酸值和硫酸酸值的测定

A. 原理: 加入 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 沉淀软块中的硫酸。 BaSO_4 可用重量法测出其中硫酸的含量。磺酸钡则以溶液形式存在, 取上部磺酸清液, 通过阳离子交换树脂, 磺酸存在于流出液中, 金属离子存在于树脂上。将磺酸溶液加热, 除去 CO_2 后, 可用 KOH-乙醇溶液滴定磺酸, 求出磺酸的酸值(酚酞作指示剂)。硫酸的酸值等于总酸值减去磺酸的酸值。

B. 试剂:

10% $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液;

0.5 N KOH-乙醇溶液;

1%酚酞指示剂;

2 N HCl。

C. 测定: 吸取25毫升1%软块无水乙醇溶液, 加6毫升10% $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液, 出现 BaSO_4 沉淀。磺酸钡则以溶液形式存在, 过滤, 使磺酸钡通过阳离子交换树脂, 用三角瓶收集。用水重复洗几次阳离子交换树脂, 洗液并入三角瓶中, pH=7, 加酚酞3—5滴, 用KOH乙醇溶液滴定至终点。

$$\text{磺酸酸值} = \frac{N \cdot V \cdot 56.11}{G}$$

注: 阳离子交换树脂, 每次通完磺酸钡, 并洗至中性(水洗), 然后用2 N HCl(约250毫升)再生, 用水洗至中性。

硫酸酸值 = 总酸值 - 磺酸值

4. 妥尔油沥青中和软块的分析

中和软块指酸洗后用 NaOH 中和得到的软块 (pH=8—9), 其中磺酸成妥尔油沥青磺酸钠, 硫酸成硫酸钠。

(1) 固形物分析: 称取中和样1—2克(称准至0.0001克)在100—150℃烘至恒重。

$$\text{固形物}\% = \frac{\text{烘干样}}{\text{样品}} \times 100\%$$

(2) 挥发分% = 1 - 固形物%。

(3) 水分测定: 用水分测定器, 以二甲苯为介质(参阅原材料分析)。

(4) 油分 = 挥发分 - 水分。

(5) 游离碱测定: 常规酸碱滴定, 以酚酞作指示剂。

(三) 妥尔油沥青磺酸钠(产品)的分析鉴定

1. 水分测定

常规重量法: 称取1—2克产品样(称准至0.0001克), 置已恒重的称量瓶内, 在100—105℃烘至恒重。

$$\text{水分}\% = \frac{\text{样重} - \text{烘干样重}}{\text{样重}} \times 100\%$$

2. 固形物% = 1 - 水分%。

3. 有效物(简称 STOP) 含量测定

A. 原理: 用甲醇溶解试样, 其中妥尔油沥青磺酸钠溶于甲醇, 硫酸钠不溶, 从而分离二者。

B. 试剂: 甲醇(试剂级)。

C. 测定: 称取1—2克产品样, 置100毫升锥形瓶中, 在100—105℃恒重过的具磨砂塞的250毫升锥形瓶中, 用甲醇洗涤沉淀物数次, 至过滤液呈白色为止。洗液并入滤液中, 滤纸上沉淀为 Na_2SO_4 及不磺化物。

盛滤液的锥形瓶在水浴中蒸馏, 直至瓶底蒸干为止, 然后将锥形瓶及磨砂塞一起在100—105℃烘至恒重。

$$\text{有效物}\% = \frac{G}{G_0} \times 100\%$$

4. 不磺化物测定

有效物测定所得之沉淀用苯浸泡，其中不磺化物溶于苯， Na_2SO_4 不溶于苯，过滤洗涤后，将滤液收集，把苯蒸出，将苯溶物在100—105℃烘至恒重，即得不磺化物。

5. Na_2SO_4 测定：将苯不溶物沉淀，在100—105℃烘至恒重，得无水硫酸钠。

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{沉淀物重}}{\text{样品重}} \times 100\%$$

6. 妥尔油沥青磺酸总酸值测定

A. 原理：借甲醇溶解妥尔油沥青磺化产品，将磺酸钠与硫酸钠分离，将妥尔油沥青磺酸钠溶于水中，使通过阳离子交换树脂（ H^+ 型），收集流出液，用KOH-乙醇溶液滴定，以酚酞作指示剂。

B. 试剂：

- ① 甲醇：试剂级；
- ② 0.5N KOH-乙醇溶液；
- ③ 酚酞指示剂。

C. 测定：将第三项测定的有效物STOP溶于水中，通过阳离子交换树脂，将流出溶液收集于三角瓶中，用蒸馏水冲洗阳离子交换树脂（ $\text{pH}=7$ ），冲洗液并入三角瓶中，用KOH-乙醇溶液滴定至终点，以酚

酞作指示剂。

$$\text{总酸值} = \frac{N \cdot V \cdot 56.11}{G}$$

六、结 束 语

自一九七三年以来，我们一直坚持妥尔油沥青磺化物的研制工作。磺化妥尔油生产上的问题已经基本解决了。但由于我们的技术力量和技术水平的限制，还存在一些问题。

1. 妥尔油沥青的来源对产物的性能有很大的影响，目前我们仅对国营吉林造纸厂的产品进行了研究。为了更好的完成这一课题，今后应当对其它沥青进行相应的研究，并制定妥尔油沥青的技术质量指标。

2. 磺化妥尔油沥青还可用乙胺、乙二胺、戊胺和二异丙胺合成新的化合物，从而获得新的效能。因此今后我们将开展一些研究工作，以便进一步提高妥尔油沥青磺化物的性能。

3. 由于妥尔油沥青组成复杂，磺化的机理和条件我们也还不清楚。产物在盐水泥浆中的抗高温性能较差。为此，今后应开展相应的研究工作。

泥浆脉冲式随钻遥测技术的新发展

夏 村

石油、天然气及其他矿藏勘探中有大量钻井工作。钻井人员总是力求全面、准确地掌握井下情况，并根据这些情况采取适当措施，控制钻井过程，以提高钻进效率，保证井眼质量和取得安全、经济效果。井下情况主要有井底环境（如井底温度、压力等）、钻头工作（如钻压、扭矩、转速、钻速、纯钻时间…）、泥浆流动（如泥浆排量、排量变化、压力等）、泥浆性能（如比重、粘度、电阻率、含气量…）、井眼方向（如井斜角、方位角、终点角、井深等）和岩层性质（如岩层密度、含气成分、自然伽玛、岩层电阻率、页岩因数…）等六类情况。

早期钻井过程中，操作人员仅凭感觉和经验来判断井下情况。钻井效率、质量和安全主要取决于操作人员手艺高低。我国某些矿种的勘探中至今还存在有这种钻进方式。这种方法常带有主观猜测的因素，难以确切掌握井下情况。

长时期来，随着钻井技术的不断发展，钻进中普遍采用测量地面参数的仪器仪表（如测量大钩负荷，转盘扭矩、转速，泥浆排量和泵压等仪表）。操作人员根据所测的地面钻井参数，间接地估计和推断井下情况。同时，也采用直接测量个别井下参数的技术（如测量井眼方向的各种测斜仪等）。这使钻井工艺有了进一步的科学基础，使钻进效率，井眼质量和安全有很大的提高和改善。但是，测量井眼方向要中断钻井和提出钻柱或在完井阶段，再用钻柱、电缆或钢丝绳将测量仪器下入井内进行。这是一种停钻测量（即事

后测量），不能在钻进过程中直接了解井下不断变化的情况。

多年来，特别是近十多年，随钻遥测技术在国外得到积极的研究和发展。随钻遥测是在钻进过程中从钻头附近测量钻井参数，并把这些数据传输到地面。操作人员可以直接掌握复杂的井下情况及其变化过程，以便及时指导钻进工作和迅速进行地层评价。

随钻测量是一种井下遥测技术，它包括井下测量、信息传输和地面显示三个主要过程。井下测量是利用各种灵敏元件直接进行的。目前，停钻测量中成功地使用着各种传感器，可在原有基础上改进这些仪器，以适应随钻测量。同时，也积极研制和充实新型传感器。另外，现在使用着各种地面显示记录仪，也有许多经验可以借鉴。

比较困难的是井下测量的数据如何传输到地面的问题。对这个问题，进行着大量研究工作。正在研究的主要有通过泥浆柱传输压力脉冲信号，通过导体（如电缆、柔杆、金属管柱、岩石）传输电信号，通过钻柱或泥浆柱传输声波信号以及通过岩石或钻柱传输电磁信号等四种方法。从随钻测量技术发展状况看，泥浆柱传输压力脉冲信号和导体传输电信号较为成熟。其中，泥浆压力脉冲法占有领先的地位。其他各种井下信息传输方法和仪器还处于研究和试验阶段。

在泥浆循环系统中，泥浆以一定的压力和排量在钻柱内流动。井下遥测装置装在钻头上部，它能在极短时间内造成钻柱内泥浆压力的改变，形成压力脉冲。钻柱内产生的

泥浆压力脉冲，以接近声速 1220—1524 米/秒的速度沿泥浆柱向井口传播。

泥浆脉冲有正压脉冲和负压脉冲的区别。用阻塞钻柱内部液流通道的办法造成泵压迅速升高，就产生正压脉冲。直接从钻柱内向井眼环状空间放泄部分钻井液（不流过钻头水眼）的办法，使泵压急剧下降，就产生负压脉冲。喷射钻井中泥浆排量常大大超过 38 升/秒，泵压达到或超过 210 公斤/厘米²，用阻塞液流通道的办法限制这样大的排量，容易引起井下仪器的冲蚀和结构复杂。这种情况下采用泄流式负压脉冲的方法较为有利。

采用泥浆脉冲方法要尽量减轻和排除各种干扰。活塞泵的排量不均将引起排出压力脉动。压力脉动的幅度和频率与许多因素有关。活塞泵的缸数增多或采用双作用，可减少排量不均和压力脉动的幅度。常用的三缸单作用泵排量比较均匀，压力脉动量小。泥浆泵组的配备方案也有影响。两台泵并联时，曲轴相错 45°，则脉动频率增高，压力脉动值减小；曲轴同相，则脉冲频率相同，压力脉动值大大增高。若两台泵各由单独动力驱动，则曲轴角度与压力脉动之间很难有确定的关系。泥浆泵装空气泵将减弱压力脉动。总之，这种压力脉动大到接近信号压力脉冲时，地面就难以分辨信号脉冲了。

具有弹性的泥浆柱能“储存”高的压力，有助于负压脉冲装置产生足够大和急剧的压力下降。而对于阻塞式正压脉冲装置，泥浆柱的弹性使压力升高变慢，有减小压力脉冲和延迟时间的不良影响。

要得到合适、可靠的信号，就要求泥浆压力脉冲的幅度比干扰脉动足够大，而所消耗的能量又最小。为此，除正确选择和使用泥浆泵系统外，还必须合理设计和选用井下仪器（尤其是压力脉冲发生器）。在一些老的泥浆脉冲仪器中发生的压力脉冲是 5.6 大气压/秒。近来研制的新型泥浆脉冲仪器，压

力脉冲已提高到 56 大气压/秒。

十多年来，国外积极研制和发展泥浆脉冲式井下仪器，已取得很大的成就。特别是大力采用电子计算技术，使井下数据向地面传输的技术向前推进了一大步。通常利用电量（如电压）的大小，泥浆脉冲的有无，泥浆压力的改变和不变等代表二进制数码“1”和“0”。井下随钻测量的十进制数据首先由电子线路转换成二进制电信号。例如十进制数 620 代表方位角 62.0°（或其他井下参数），转换成二进制数是 1001101100，并表示为一连串的电信号。这串信号控制泥浆脉冲发生器，使它产生一连串压力脉冲，以二进制代码形式向地面传输。这项信息传输技术促进了多参数随钻测量仪器的迅速发展。几种多参数随钻测量仪器已完成野外试验，最近将制造产品，推广使用。

一、机械式随钻测斜仪

测量单项井下参数的机械式随钻测斜仪器在美国、墨西哥等一些国家已应用于钻井。定型产品有随钻井斜仪和随钻方位仪两种^[1]。

随钻井斜仪仅能测量井斜角（通常也称顶角）。它是一种正压脉冲仪器，包括井下仪器、短节和地面仪器几部分。

图 1 是井下仪器示意图，它由信号发生器，测量元件和量程接箍组成。信号发生器是阻塞式脉冲装置。仪器壳内有 7 个脉冲环 1。脉冲环中心是锥形塞 2，它连接在轴 3 的上端。锥形塞和轴可以上下移动。多级脉冲环下面是循环室。循环室有孔眼可流过循环泥浆。锥形塞在弹簧作用下，可以向上移动，并越过脉冲环。循环泥浆时，锥形塞受泥浆的压力向下移动。当它通过脉冲环时，循环泥浆受阻塞，压力急剧升高，产生正压脉冲。锥形塞通过最下端脉冲环后，就缩回循环室。

测量元件包括环形止动台肩 6 和摆 7。环形止动台肩装在量程接箍 5 内。止动台肩

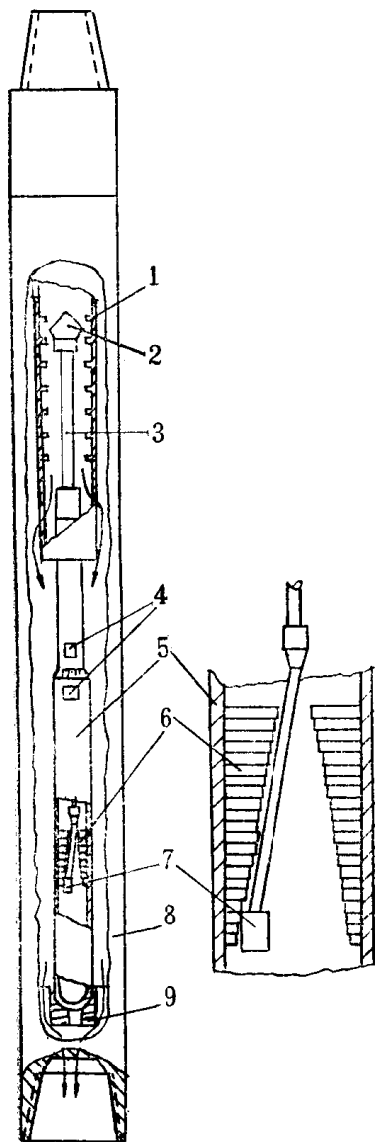


图 1 随钻井斜仪示意图

1—脉冲环；2—锥形塞；3—轴；4—搬手卡口；
5—量程接箍；6—多级止动台肩；7—摆；8—短节；9—支承。

中心有摆，它可绕其顶端关节任意方向摆动。井下仪器倾斜时，摆永远保持垂直位置。当摆向上移动时，摆锤就被某个止动台肩挂住，停止上移。量程接箍内装有21个环形止动台肩，其内径自下而上逐级减小。摆锤偏离仪器中心线的距离与仪器的斜角成正比。斜角大，摆锤偏离距离就大，测量时就挂在内径大的止动台肩上。反之，就挂在内径小的止动台肩上。设计时确定：仪器斜角每改

变 $1/2^\circ$ ，止动台肩就变换一级。

井下仪器有一套所谓编码机构。它与轴3相连，下端又与摆相接。编码机构的作用是根据摆挂在多级止动台肩上的位置，控制锥形塞的上移行程。摆每通过一级止动台肩，锥形塞就相应地越过一个脉冲环，测量时就产生一个压力脉冲。换句话说，一个脉冲对应一级止动台肩，代表井斜角增加 $1/2^\circ$ 。因此，脉冲数是与井斜角增加量成正比。

为了得到井斜角的大小，还要确定仪器的量程。脉冲发生器最多产生7个脉冲信号，仅与7级止动台肩相对应，井斜角增加量共 $3\frac{1}{2}^\circ$ 。而21级止动台肩自上而下代表井斜角 $1\frac{1}{2}^\circ$ — $10\frac{1}{2}^\circ$ ，每一级代表一定的井斜角。通常，可在井场用搬手拧转量程接箍，让任意7级止动台肩与7个脉冲相对应。这样，就能调节和确定量程。

短节8是由钻铤制成，内孔经过机械加工。井下仪器装进短节内，并由上、下支承9扶正和固定。短节下端接钻头，上端接有导流板，碎屑收集器和密封。

地面仪器主要有压力转换器和电子记录仪。压力转换器装在立管上，它把泥浆压力脉冲转换成电信号，通过电缆传到电子记录仪，由纸带记录。

正常钻进过程中锥形塞在循环泥浆作用下，缩回循环室，处于下位。泥浆通过循环室孔眼，进入仪器与短节间的环形通道，流向钻头水眼。这时，摆也处于最低位置。测量井斜时，先将钻头稍提离井底，停止旋转并刹住刹带。再关泵中断循环约2分钟，让井下仪器的弹簧充分弹顶轴和锥形塞。然后，立即开泵循环，锥形塞在泥浆压力作用下向下移动，通过脉冲环时产生正压脉冲。通常，这个压力脉冲比正常循环压力值高7—10公斤/厘米²。泥浆压力脉冲沿泥浆柱向井口传输，经立管上的压力转换器转换成电信号，由电子记录仪记录。图2是电子记录仪记录的一个图形，图中共记录5个脉冲信号。两

个脉冲的正常间隔时间为10—20秒。

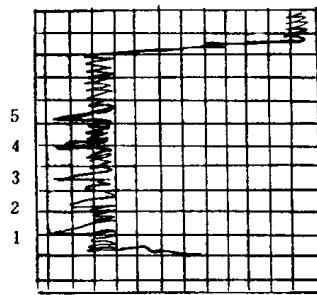


图 2 脉冲信号记录曲线

司钻知道了调节后的量程范围和所记录的脉冲数就很容易确定井斜角的大小。例如已知量程是 2° — 5° ，脉冲数是5，则井斜角就是 4° 。

随钻方位仪是在随钻井斜仪基础上发展的。它主要与井底动力钻具（如螺杆钻具）一起使用，在定向钻进中控制井眼方位。图

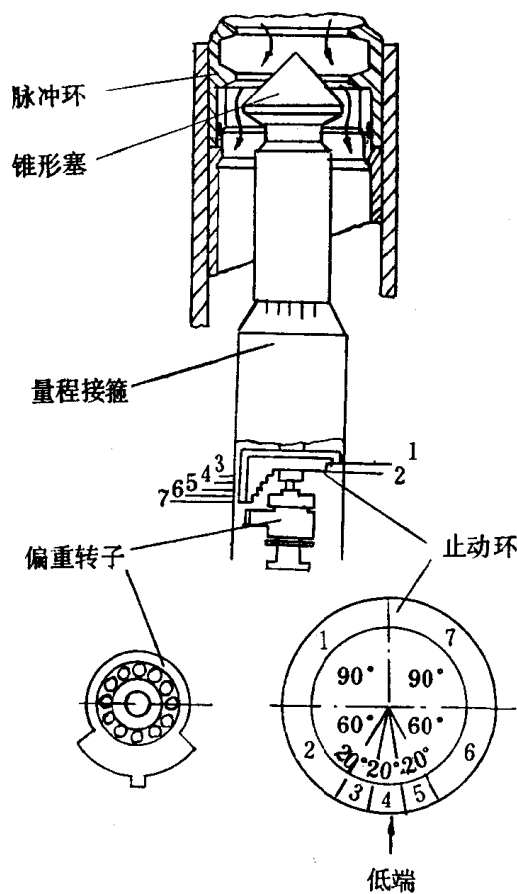


图 3 随钻方位仪示意图

3是随钻方位仪示意图，它的结构原理同随钻井斜仪基本一样。主要不同点仅仅是井下测量元件有所改变：由止动环代替多级止动台肩，偏重转子代替摆。

如图所示，止动环有7个扇形台阶。从仪器顶端看，自1号至7号台阶的高度沿顺时针方向逐级升高。编码机构把锥形塞向上的位移与台阶高度联系起来，使7个脉冲信号与7个台阶相对应。4个信号代表4号台阶（扇形角 20° ），它通常位于井眼低端。3个信号，2个信号和1个信号分别代表井眼低端右边的3号台阶（ 20° ），2号台肩（ 60° ）和1号台阶（ 90° ）。5个信号，6个信号和7个信号分别代表井眼低端左边的5号台阶（ 20° ），6号台阶（ 60° ）和7号台阶（ 90° ）。

定向钻进过程中，通常用4号台阶控制井眼方位。由于转子偏重块始终位于井眼低端，这就要求4号台阶也保持在井眼低端。因此，井下仪器装进短节时，要注意把4号台阶装到与弯接头方向相反的一边。例如预定井眼方位是正北、弯接头方向也应朝正北，4号台阶就应朝正南，以保持在井眼低端。只要电子记录仪始终记录出4个信号，弯接头方向就朝着预定方向，偏差不会超过 10° 。若收到5个信号，就说明弯接头方向左偏。这种情况下，可用向右扭转方钻杆的方法纠正方位，直到重新收到4个信号为止。

机械式随钻测斜仪不受磁场影响，可根据需要（如每钻进1米或2米）取数据。取一次数据不超过5分钟。现场使用表明，这种仪器在6700米深的井眼中使用，仍保持其精度。它可经受井底温度达 162°C ，泥浆排量 16 — 75 升/秒。但含砂量不得大于 5% 。

另外，国外正研制大角度井斜仪，采用双摆结构，可得到56个脉冲。目前，对这种仪器正进行野外试验。

二、电子随钻测斜仪

这是一种装有电子线路的正压脉冲随钻