

野外钻进试验证明,在相同地层,相同钻进参数条件下,用破碎处理的60~80目料所制造的孕镶钻头钻进效果远远低于用未经破碎处理的20~40目料所制造的钻头。表4为辽宁地质九队不同粒度天然金刚石孕镶钻头的钻进效果(钻头

胎体配方相同,钻进参数相同)。从表中可见,该类地层对于金刚石粒度的选择方面,天然金刚石按DZ₂-78标准要求应选用60~80目,但由于天然金刚石经破碎后晶形和强度均受到较大破坏,严重影响了钻进效果。

表4

类 型	钻 头 主 要 技 术 参 数				钻头数量 (个)	平均进尺 (米/个)	最高进尺 (米/个)	岩 层 情 况	注
	粒度(目)	硬度(HRC)	浓度(%)	水口(个)					
天孕双管	60~80	32~36	100	6	19	10.59	23.72	8级浅粒岩,较完整	破碎处理
"	20~40	31~38	100	6	19	30.73	53.11	" "	未破碎处理

应指出的是,目前用于制造钻头的60~80目人造金刚石,晶形规则完整(图8),强度一般可达4~8公斤/粒,少数可大于8公斤/粒。在同等级度情况下,强度与天然金刚石相近,但晶形

调整。在中硬、硬岩中钻进可以多选用天然金刚石20~40目和人造金刚石60~80目料;尽可能不用破碎处理的天然金刚石料;而对于坚硬致密地层,应选用天然金刚石40目和人造金刚石80目料为宜。

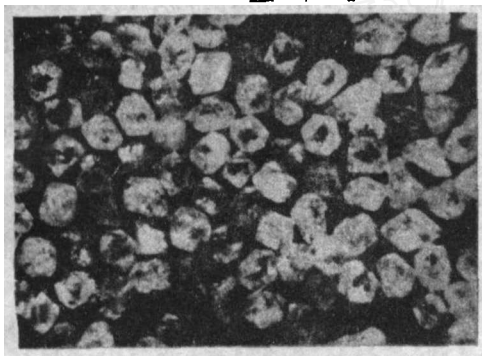


图8 60目人造金刚石

比天然金刚石破碎料好得多。从钻进效果来看,由于人造金刚石价格低廉,因而其钻进经济效果较好。所以,对于不同的地质条件,在选择金刚石粒度时,应根据目前金刚石钻头制造业中磨料来源的具体条件,将理论选择与实际应用作适当

几点看法

1.欲使孕镶金刚石钻头达到理想的经济效果,在设计与选用钻头时,应根据岩石性质合理确定钻头的金刚石浓度与粒度。尽可能达到钻头金刚石浓度、粒度与地层相适应的优化设计。

2.加强对天然金刚石破碎方法的研究,使天然金刚石破碎后的晶粒完整度、强度等受到较小的破坏。在未找到理想的破碎方法之前,以不破碎或少破碎料制造钻头为原则,在粒度设计方面可根据标准选用大一档的粒度尺寸。

3.加强对人造金刚石质量与颗粒度的研究,提高大颗粒的比例和强度,逐渐以人造金刚石代替天然金刚石。

正交设计法选择泥浆配方

江西地质科学研究所 洪继祥 刘子昆

在科学实验中,常遇到实验结果受多种因素的影响,这就要搞清楚每个因素对试验结果究竟影响如何,分清诸因素谁主谁次,弄清它们之间的关系,以求得最佳试验因素的选择数据。正交

设计法又叫正交试验法,是解决多因素试验问题的一种数学方法。我们在泥浆试验工作中,利用这种方法通过室内试验,选择泥浆配方,用于现场实际生产,取得较好结果。

正交设计的一般步骤是:

1. 确定试验的因素与水平 如泥浆配方的各种因素(包括各种配浆材料和处理剂),一般先选主要的,后选次要的。影响很小的因素可以不予考虑(如在淡水中配浆,水这个因素就可忽略)。试验中对每个因素决定需要对比的具体条件即为水平。

2. 作好表格设计 根据具体使用要求,以及由实验经验确定的因素水平,列出因素水平表。制出因素水平表后,选出与之相应的、试验次数最少的正交表。正交表是正交设计的工具,它是根据正交数学原理,并在总结大量实践经验、进行加工整理得出的成果。选出正交表后,根据表内不同的水平数字,进行各因素的水平安排。在泥浆配方选择中,水平即为各处理剂的几个因素的不同加量。据此制定试验方案。

正交表常用的有 $L_4(2^3)$ ——二水平三因素四次试验正交表, $L_8(2^7)$, $L_9(3^4)$, $L_{16}(2^{15})$, $L_{27}(3^{13})$, $L_{12}(2^{11})$, $L_{16}(4^5)$ 等。正交表在北京大学数学系概率统计组编写的《正交设计法》一书中可以查到。

3. 按照选定的方案进行试验,取得数据 排好试验方案表后,严格按照试验所给定的配方进行试验,并将结果填入已制订好的表格内。试验时,可不按试验序号进行,可先挑有希望达到试验要求的做起。

4. 对数据进行统计分析,作出合理的结论 试验结束后,根据结果求出各因素的每个水平之和(I、II、III……)及极差R,作出曲线图。观察并分析因素影响的主次、变化的规律,要求尽可能做得细些、准确些,以供在实际中参考选用。一般情况下,极差大的因素是重要因素,但有些极差小的因素也不能忽视。

5. 根据分析结果,平衡选取较优的泥浆配方 选取配方的基本条件是,能满足实际生产的需要(如钻进工艺技术和地层要求等),质量好、耗费的各种材料和处理剂少、现场配制使用方便、成本低、经济效果好。

通过进一步的试验或在生产条件下,检验指标是否达到预定要求。若选出的泥浆配方留有某些方面不能满足实际生产要求时,可作进一步的试验,以求得更好的泥浆性能及配方。如又提出了新的要求,则在这批试验的基础上制定新的试验方案。

采用正交表设计出的试验方案具有均衡搭配的性质。因此通过正交表中有限次数的试验,可以得出较优的结果。

下面是我们用正交试验进行聚丙烯酰胺低固相泥浆配方选择实验的实例。

1. 首先确定能满足钻进工艺技术与护壁堵漏要求的泥浆基本性能指标,供分析试验结果用,如表1。

表 1

项 目	比 重 γ (克/厘米 ³)	粘 度 T (秒)	失 水 量 B (毫升/30分)	泥皮厚 K (毫米)	pH	视粘度 η_{sp} (厘泊)	动 切 力 τ_0 (达因/厘米 ²)
指 标	1.05	>22	<15	<0.5	8~9	15	20

注:失水量用仿美API失水仪测定。

2. 列出因素水平表,确定参加试验的四个因素为:a.(Na_2CO_3)、b.(CMC)、c.(PHP,水解度30%左右)、d.(粘土粉——膨润土粉)。每个因素均取三个水平(即三个不同加量),如表2。

3. 根据因素和水平选用正交表。因为我们确定参加选择实验的主要为上述a、b、c、d四个因素(即四种造浆材料),每个因素分别取了三个水平,因此选用 $L_9(3^4)$ 正交表(三水平四因素

表 2

因 素 水 平	a Na_2CO_3 (克)	b CMC (克)	c PHP (ppm)	d 粘土粉 (克)
1	1	1	50	40
2	3	3	100	80
3	5	5	200	100

九次试验正交表),其排列如表3:

4. 把各因素水平的数值按正交表排列填入,进行试验,测试数据填入试验结果表。根据试验结果列出相应的分析表格,再作曲线图,按工艺与护孔要确定的各指标最优水平线作为对比依据,选取各因素最优水平。

列表和作图方法如下:

(1) 根据表4 安排进行1~9次正交试验,得出试验结果。将其中各项数据按表2中三个水平列出结果分析表(表5)。

表 3

因 素 试 验 号	a	b	c	d
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

泥 浆 配 方 选 择 正 交 试 验 表 表 4

因 素 试 验 号	a Na ₂ CO ₃ (克)	b CMC (克)	c PHP 30% (ppm)	d 粘土粉 (克)	试 验 结 果							
					γ	T	B	K	PH	$\eta_{\text{视}}$	τ_0	$\eta_{\text{塑}}$
1	1	1	50	40	1.025	18	29	0.2	7	5	5	4
2	1	3	100	80	1.050	24	17	0.4	7	13	5	12.5
3	1	5	200	100	1.062	38	9	0.6	7	27	40	23
4	3	1	100	100	1.060	25	12	0.5	7	12.5	0	12.5
5	3	3	200	40	1.030	25	15	0.2	8	13	20	11
6	3	5	50	80	1.055	78	11	0.2	7.5	39	80	31
7	5	1	200	80	1.050	36	12	0.2	8	21	25	18.5
8	5	3	50	100	1.065	205	9	0.3	7	62	205	41
9	5	5	100	40	1.035	33	12	0.2	9	21	32.5	17.5
10	5	3	100	80	1.055	55	10	0.3	8.5	29	65	23

例如: γ 指标a 因素I 水平 3.137 这一数值即由表4 中相应于a 因素的I 水平的第1、2、3 三次试验中的三个 γ 值(1.025,1.50,1.062) 相加所得。又如 γ 指标b 因素栏中III 水平 3.152 这一数值即由表4 中相应于b 因素III 水平的第3、6、9 三次试验中的三个 γ 值(1.062,1.055,1.035) 相加而得,余类推。

(2) 极差R 是反映I、II、III 三个水平数据累加值之间最大值与最小值之差。如 γ 指标a 因素一列中R 值为0.013 系由最大值3.150 与最小值 3.137 相减所得。

(3) 影响曲线的纵座标则是根据极差R 的最大值与最小值波动范围而定。座标无因次,只反映变化趋势。

(4) 图中纵座标以表5 中I、II、III 三个水平的累加值为基础,以相等间距将最大值与最小值标上。如 γ 项中最大值是d 因素的3.187,最小

值也是d 因素的3.100,则纵座标数值从3.10开始到3.19,余类推。图中横座标则是因素各水平的加量。如 a_1, a_2, a_3 所示三个数字1,3,5 系因素a (纯碱) 在表2 中三个水平的加量克数。

此图中横细线则是根据表1 中要求的基本性能指标而定。如 γ 项中,因纵座标值系由三次试验结果相加,例如要求为 $\gamma = 1.05$,将 $1.05 \times 3 = 3.15$,则横细线(即要求水平线)位于图上3.16 下方。看图时,如要求低比重则以在近线下方者为佳。

5. 配方筛选分析。各处理剂对泥浆主要性能影响:

(1) 对比重影响最大的是粘土,PHP 浓度在200 ppm 以下时对其影响不显著。

(2) 失水量受纯碱、CMC 及粘土粉影响较大,受PHP 影响小。

(3) 纯碱和PHP 对动切力影响较大。

膨润土泥浆配方正交试验结果分析 表5

指标	γ				T				B				$\tau_0 / (\eta \cdot s)$			
因素	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
I	3.137	3.135	3.145	3.100	80	79	301	76	55	53	49	56	50 (45)	30 (38.5)	290 (106)	57.5 (39)
II	3.145	3.145	3.145	3.155	129	254	82	138	38	41	41	40	100 (64.5)	230 (88)	37.5 (46.5)	110 (73)
III	3.150	3.152	3.142	3.187	274	149	99	268	33	32	36	30	262 (87)	152.5 (87)	85 (61)	245 (101.5)
极差R	0.013	0.017	0.003	0.087	194	175	219	192	22	21	13	26	212 (42)	200 (49)	252 (59)	187 (62)
影响曲线																

γ	a (Na_2CO_3)	b (CMC)	c (PHP)	d (粘土粉)
3.19 3.16 3.13 3.10				
35 28 21 14 7				
60 50 40 30				
300 250 200 150 100				
110 90 70 50 30				
加量	1 3 5 a ₁ a ₂ a ₃	1 3 5 b ₁ b ₂ b ₃	50 100 200 c ₁ c ₂ c ₃	40 80 100 d ₁ d ₂ d ₃

处理剂加量对性能指标影响变化趋势曲线图

(4) PHP 和粘土是影响视粘度的主要因素。

根据要求筛选出最优配方组合为 $a_3 d_2 c_1$

处理剂加量 (配方) 对泥浆性能的影响:

d_3 、 $a_3 b_2 c_2 d_2$

(1) 使泥浆比重较低的加量组合是 $a_3 b_2 c_1 d_2$ 、 $a_3 b_3 c_2 d_2$

6. 验证: $a_3 b_2 c_1 d_3$ 配方是正交表中第八个试验。从试验结果看, 指标是较优的。再以 $a_3 b_2$

(2) 使粘度适中的较优加量组合是 $a_3 b_2 c_1 d_3$

$c_2 d_2$ 组合做第十号配方试验。验证结果, 其性能属聚丙烯酰胺优质泥浆范围。

(3) 失水量较小的较优加量组合是 $a_3 b_2 c_2 d_2$ 、 $a_3 b_3 c_3 d_3$

我省几个矿区最佳配方是: 纯碱 0.4%, CMC 0.3%, PHP 100ppm, 粘土粉 8%。易坍塌孔段提高 PAM 浓度, 高速回转减摩润滑加 0.3~0.5% 皂化油, 水敏地层加防塌抑制剂。三年施工 54 个孔, 总进尺 28154 米。证明配方适用。

(4) 动切力适当的较优加量组合是 $a_3 b_2 c_1 d_3$ 、 $a_2 b_3 c_1 d_3$

(5) 视粘度较高的较优加量组合是 $a_3 b_2 c_1 d_2$ 、 $a_3 b_2 c_1 d_3$