

用灰色局势决策理论优选泥浆配方

杨晓刚 马植侃 曹丽文

(中国矿业大学地质系 徐州 221008)

摘要 泥浆正交设计试验属于多因素单指标评价试验。在灰色局势决策理论的基础上,用综合加权平均目标测度值 \bar{S}_i 判断泥浆性能指标的优劣,优选出饱和盐水泥浆的最优配方。

关键词 泥浆 灰色决策 正交试验

中国图书资料分类法分类号 P634.6

作者简介 杨晓刚 男 27岁 讲师 硕士 探矿工程

1 引言

泥浆配方优选试验,主要采用正交试验法,其优点是利用正交表“均衡分散”的特点,能迅速地寻找最优配方,同时能揭露各因素间的交互作用,分清各因素对指标影响的主次顺序,找出指标随因素变化的规律和趋势。但正交试验只适用于单指标试验。

泥浆配方试验属于多指标(失水量、漏斗粘度、塑性粘度、结构粘度、pH值、泥饼厚度、动切力、静切力、动塑比、润滑系数、密度、含砂量等)评价试验。针对不同的地层,在不同的泥浆体系中,各指标的权重也不一样,仅仅根据某一种指标或经验来判断泥浆性能的好坏是不可靠的,而应当综合考察多种指标,排列出各组配方的优劣顺序,以利于选择最优配方。

泥浆由粘土、水和多种处理剂配制而成,各种处理剂加量的变化对泥浆性能指标的影响是交互的,不确定的。配制过程的差异,如预水化时间、搅拌时间、环境温度等因素也使泥浆性能指标发生不确定的变化。因此,泥浆性能评价具有模糊性,若将其看成一灰色系统,可以用灰色局势决策理论来综合评价泥浆性能和优选配方。

2 灰色局势决策理论

决策是事件、对策和效果的总称,它解决某种事件(优选泥浆),采用何种对策(不同配方),结果(性能指标)如何等问题。

设不同对策(配方)构成对策向量 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ 和目标集(性能指标) $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$, 同一对策 A_i 对不同的目标 V_j 的属性向量为决策横向量 $R_i = \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}\}$; 不同的对策 A_i 对同一目标 V_j 的属性构成决策列向量 $R_j = \{r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj}\}$, 则对策集 A 对目标集 V 的决策矩阵为:

$$R_{(m \times n)} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

例如, m 组泥浆配方, n 种泥浆性能评价指标, 则决策矩阵由 $m \times n$ 个指标测值 r_{ij} 构成。

r_{ij} 值的单位不同, 可比性差, 因而需要用目标测度公式来正则化, 正则化公式如下:

$$\text{上限测度 } \delta_{ij} = \frac{r_{ij}}{\max_j r_{ij}} \quad \text{越大越好}$$

$$\text{下限测度 } \delta_{ij} = \frac{\min_j r_{ij}}{r_{ij}} \quad \text{越小越好}$$

$$\text{适度测度 } \delta_{ij} = \frac{\min\{r_{ij}; r_{oj}\}}{\max\{r_{ij}; r_{oj}\}} \quad \text{接近某值好}$$

公式中: $\max_j r_{ij}$, $\min_j r_{ij}$, r_{ij} 分别为 V_i 目标的最大值、最小值和适度值, $\delta_{ij} \leq 1$; 其值越接近 1, 效果越好。

正则化后的决策矩阵为:

$$\delta = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \cdots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \cdots & \delta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} & \cdots & \delta_{mn} \end{bmatrix}$$

若目标集 V 中不同目标 V_i 的权重向量为 $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$, 则可得综合加权平均目标测度列向量:

$$\bar{\delta} = \frac{1}{\sum_{j=1}^n q_j} \cdot \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \cdots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \cdots & \delta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} & \cdots & \delta_{mn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{\delta}_1 \\ \bar{\delta}_2 \\ \vdots \\ \bar{\delta}_n \end{bmatrix}$$

式中: $\bar{\delta}_i \leq 1$, 其值越大, 则对策(配方) A_i 的综合效果越好。根据此列向量中 $\bar{\delta}_i$ 值的大小, 便可判断出各对策 A_i 的优劣顺序。

3 灰色局势决策在盐水泥浆正交试验中的应用

(1) 经造浆率及最优加碱量试验得基浆配方: 水(1000 ml)+盐(370 g)+凹凸棒土(96 g)+Na₂CO₃(3.5 g)

(2) 处理剂: 降失水剂 PGS, 护胶剂 MMD(五号植物胶), 稀释剂 FCIS, NaOH—调 pH 值, 洗衣粉—润滑剂。

(3) 泥浆主要性能指标选择: 根据实际需要选择失水量 V_1 , 漏斗粘度 V_2 , 塑性粘度 V_3 , 结构粘度 V_4 作为主要考察指标, 其他性能指标作参考。四种指标构成目标集: $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\}$ 。

失水量和塑性粘度要求越小越好, 采用下限测度公式; 漏斗粘度以 25 s 为佳, 采用适度测度公式; 结构粘度越大越好, 以提高切塑比, 采用上限测度公式。

四种指标权重系数向量:

$$Q = \{q_1, q_2, q_3, q_4\}$$

$$= \{2, 1, 1, 1\}.$$

(4) 正交试验选用 5 个因素和 5 个水平。因素水平表见表 1。

(5) 采用 L₂₅(5⁴) 正交表, 表中空出第一列作误差分析列, 共 25 组配方构成对策向量: $A = \{A_1, A_2, \dots, A_{25}\}$ 。正交试验结果及目标测度值 δ_{ij} 和综合加权平均目标测度值 $\bar{\delta}_i$ 计算结果见表 2。根据 $\bar{\delta}_i$ 值可排出配方优劣顺序。

从表 2 可知: $\bar{\delta}_{\max} = \bar{\delta}_{25} = 0.7889$, 所以本组最优配方为 25 号配方: A₅B₄C₃D₂E₁。

(6) 因素水平——综合加权平均目标测度 $\bar{\delta}_i$ 关系分析表见表 3(因素水平——单指标目标测度 δ_{ij} 关系分析表略)。

由表 3 R 值看出, 对泥浆性能影响的主要顺序为: A → C → E → B → D。

根据表 3 作因素水平— $\bar{\delta}_i$ 曲线(图 1)。

从表 3 和图 1 可找到本组正交试验揭示的泥浆最优配方为: A₅B₂C₃D₂E₃。经试验其性能指标为: 失水量 15 ml/30 min; 漏斗粘度 23 s; 塑性粘度 5.5 mPa·s; 结构粘度 8 mPa·s。

(7) 根据各因素水平与 δ_{ij} 及 $\bar{\delta}_i$ 的变化曲线图, 同时考虑到泥浆其他几项指标, 再进一步用登山法做正交试验(过程略), 最终可得本次试验的最优配方为: PGS(1.8%); MMD(0.6%); FCIS(0.8%); NaOH(0.2%); 洗衣粉(0.1%)。其性能见表 4。

此配方经钙侵试验, 抗钙达饱和, 用于现场生产取得良好效果。

表 1 正交试验选用因素水平表 %

水 平	1	2	3	4	5
A(PGS)	0	0.05	0.1	0.6	1.2
B(MMD)	0	1	0.5	1	1.5
C(FCIS)	0	1	0.5	1	1.5
D(NaOH)	0	0.05	0.1	0.15	0.3
E(洗衣粉)	0	0.05	0.1	0.2	0.5

表2 正交试验结果、目标测度值及综合加权平均目标测度值计算结果表

试验号	误差列	实验结果					目标测度值 δ_{ij}				结构加权平均目标测度值 $\bar{\delta}_i$				
		A	B	C	D	E	失水量 /ml $\cdot (30\text{min})^{-1}$	漏斗粘度 /s	塑性粘度 /mPa $\cdot \text{s}$	结构粘度 /mPa $\cdot \text{s}$	δ_{i1}	δ_{i2}	δ_{i3}	δ_{i4}	
1	1	1	1	1	1	1	86	20	8.5	1	0.1512	0.8000	0.5882	0.1111	0.3603
2	1	2	2	2	2	2	78	21	7	4.5	0.1667	0.8400	0.7143	0.5000	0.4775
3	1	3	3	3	3	3	46	29	12	8	0.2826	0.8621	0.4167	0.8889	0.5466
4	1	4	4	4	4	4	24	53	14	6	0.5417	0.4717	0.3571	0.6667	0.5158
5	1	5	5	5	5	5	17	31.5	15.5	5	0.7647	0.7937	0.3226	0.5556	0.7330
6	2	1	2	3	4	5	84	35	6.5	5.5	0.1548	0.7143	0.7692	0.6111	0.4808
7	2	2	3	4	5	1	76	25	14	5	0.1711	1.0000	0.3571	0.5556	0.4510
8	2	3	4	5	1	2	64	27	13.5	2.5	0.2031	0.9259	0.3704	0.2778	0.3961
9	2	4	5	1	2	3	22	57	10.5	5.5	0.5909	0.4386	0.4762	0.6111	0.5115
10	2	5	1	2	3	4	29	27	15	5.5	0.4483	0.9259	0.3333	0.6111	0.5534
11	3	1	3	5	2	4	80	25	14	1.5	0.1625	1.0000	0.3571	0.1667	0.3698
12	3	2	4	1	3	5	50	75	15.5	2.5	0.2600	0.3333	0.3226	0.2778	0.2907
13	3	3	5	2	4	1	72	28	13	4.5	0.1806	0.8929	0.3846	0.5000	0.4277
14	3	4	1	3	5	2	48	31	6	2.5	0.2708	0.8065	0.8333	0.2778	0.4918
15	3	5	2	4	1	3	23	30	6	9	0.5652	0.8333	0.8333	1.0000	0.7594
16	4	1	4	2	5	3	82	45	11	2.5	0.1585	0.5556	0.4545	0.2778	0.3210
17	4	2	5	3	1	4	52	30	13.5	4	0.2500	0.8333	0.3704	0.4444	0.5210
18	4	3	1	4	2	5	34	28	5.5	2.5	0.3824	0.8929	0.9091	0.2778	0.5689
19	4	4	2	5	3	1	24	31	6	4	0.5417	0.8065	0.8333	0.4444	0.6335
20	4	5	3	1	4	2	23	83	8	2	0.5652	0.3012	0.6250	0.2222	0.4558
21	5	1	5	4	3	2	84	31	7	1	0.1548	0.8065	0.7143	0.1111	0.3883
22	5	2	1	5	4	3	52	31	5	3	0.2500	0.8065	1.0000	0.3333	0.5280
23	5	3	2	1	5	4	32	73	10	3	0.4063	0.3425	0.5000	0.3333	0.3977
24	5	4	3	2	1	5	26	52	12	6	0.5000	0.4808	0.4167	0.6667	0.5128
25	5	5	4	3	2	1	13	30	10	5.5	1.0000	0.8333	0.5000	0.6111	0.7889

表3 因素水平——综合加权平均目标测度值 $\bar{\delta}_i$ 关系分析表

因素	A	B	C	D	E	
水	K_1	0.3840	0.5005	0.4092	0.5099	0.5323
平	K_2	0.4536	0.5498	0.4585	0.5493	0.4419
	K_3	0.4674	0.4672	0.5658	0.4825	0.5393
	K_4	0.5391	0.4625	0.5367	0.4816	0.4715
	K_5	0.6581	0.5223	0.5321	0.4789	0.5172
	R	0.2777	0.0873	0.1566	0.0704	0.0974
	$R_A > R_C > R_E > R_B > R_D$					

4 讨论

(1) 泥浆性能评价是一种多指标灰色评价系统, 灰色局势决策理论可用来解决泥浆性能评价和优选问题以及解决探矿工程领域许多复杂问题。利用目标测度公式, 可将泥浆的多种性能评价指标转化为无量纲的、正则化的、可比的目标测度值 δ_{ij} 和综合加权平均目标测度值 $\bar{\delta}_i$, 为优选泥浆提供量化的综合指标。

(2) 计算目标测度值时, 可以依据不同的泥浆体系和不同的地层要求来选择泥浆的

煤矿大口径排水钻孔工艺研究与实践

耿洪州 叶礼明 (淮北矿务局勘探队 淮北 235000)

宋祥云 (安徽省煤田地质局 蚌埠 233010)

摘要 论述了淮北煤矿大口径排水钻孔的施工方法及成井工艺。提出了采用上中下安装扶正器、满眼钻具防斜、底喷射流钻进新工艺;采用管底逆止阀浮力塞解决下管及注浆难题,并提高了钻进效率。施工中强化组织和技术管理,保证了施工的顺利进行。

关键词 大井径井 井身结构 不取芯钻进 扶正器 钻井泥浆 固井

中国图书资料分类法分类号 P634.5

作者简介 耿洪州 男 45岁 工程师 探矿工程

1 引言

1990~1992年,我队先后完成了淮北矿务局朱庄、杨庄煤矿6个大口径排水钻孔的施工任务,在施工中,采用了满眼钻具防斜、底喷射流钻进新工艺和逆止阀浮力塞下管、注浆新技术,由于设计合理,技术措施得当,组织管理科学,使6个排水孔均安全顺利完

成,各项工程质量指标都达到了设计要求,取得了较好的技术经济效益。

2 施工目的和质量要求

煤矿排水钻孔是为了扩大煤矿井下排水能力,防止矿井突水淹没巷道和工作面,保证煤矿安全生产而设计的。其质量要求是:

a. 钻孔深度要达到煤矿井下泵房洞室

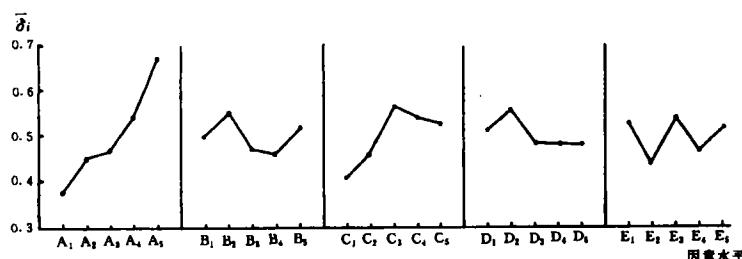


图1 因素水平— δ_i 曲线对比图

表4 最优配方泥浆性能表

指 标 标 测 值	失水量 $/\text{ml} \cdot (30\text{min})^{-1}$	漏斗粘度 $/\text{s}$	塑性粘度 $/\text{mPa} \cdot \text{s}$	结构粘度 $/\text{mPa} \cdot \text{s}$	pH 值	τ_0 $/\text{Pa}$	n	K	τ_0/n 塑	泥饼厚度 $/\text{mm}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
	8	25	4	9.5	11	9.5	0.3	4	24	0.3	1.2

评价指标和目标测度公式及权重分配。

1985

参考文献

2 李军. 试验设计的技术方法. 上海交通大学出版社, 1987

1 邓聚龙. 灰色控制系统. 武汉: 华中工业大学出版社,

(收稿日期 1994-07-15)