

用灰色聚类方法评价造浆粘土

冶金部山东地质勘探公司第三分公司 冯玉国

我国各地广泛分布有许多类型的粘土。由于其成分和形成条件复杂，给使用评价带来一定困难，以致不同部门采用不同的测试鉴别方法和评价标准。统一的钻探造浆粘土评价标准和测试项目尚在制订中^[1]。目前钻探造浆粘土仍以其造浆性能来衡量质量。造浆率是反映粘土本质特征（化学组成、理化性能、离子含量）的综合指标。但到目前为止，还未能找出造浆性能与粘土个别本质特征之间的某种映射关系^[1]。因此这是一个灰色系统。

灰色系统理论中的聚类方法是将聚类对象对于不同聚类指标所拥有的白化数，按几个灰类进行归纳，以判断该聚类对象的类属。本文将这种方法应用于粘土的质量评价，对各地粘土作了分级探讨。

一、灰色系统理论的几个基本概念^[2, 3]

部分信息已知、部分信息未知的系统称为灰色系统。灰色系统用灰数、灰方程、灰矩阵等来描述。其中灰数是灰色系统的基本“单位”，是系统的“细胞”。

所谓灰数，是指某个只知道大概范围而不知道其确切值的数，记作 \otimes 。具有上、下界 \underline{a} 与 \bar{a} 的灰数称为区间灰数，记作 $\otimes \in [\underline{a}, \bar{a}]$ 。灰数是一个数集而不是一个数。令 a 为区间， a_i 为 a 中的数，若灰数 \otimes 在 a 区间内取值，则 a_i 称为 \otimes 的一个可能的白化值。 \otimes 为一般灰数， $\otimes(a_i)$ 为以 a_i 为白

化值的灰数。 $\tilde{\otimes}$ 或 $\tilde{\otimes}(a_i)$ 是灰数 \otimes 的白化值。比如说某人存款是5000~9000元之间，就是灰数 \otimes ， $\otimes \in [5000, 9000]$ 若要到银行查询一下即可白化。

有些实验数据是灰数，可用白化函数描述。如钻进冲洗液中皂化油的加量为0.3%~0.5%，加得过多或过少对钻探工作都不利，为此可用白化函数描述。如图1所示，平顶部分表示皂化油的最佳加量。

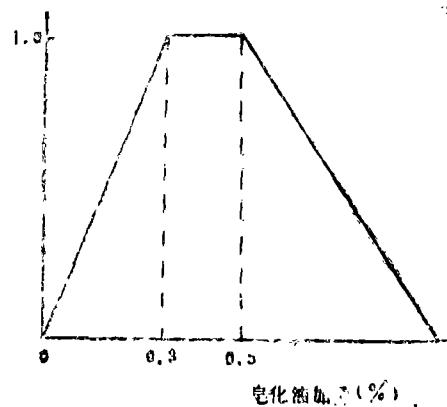


图1

一个已给出白化函数 $f(x)$ 的灰数，将其具体值 a_i 通过白化函数找出白化系数 $f(x_i)$ ，再乘以该值 x_i 即 $f(x_i) \cdot a_i$ ，称为灰数 \otimes 的一个白化函数生成值。

二、灰色聚类的步骤^[2]

设 I, II, III, \dots 为聚类对象， $1^*, 2^*, 3^*, \dots$ 为聚类指标， $1, 2, 3, \dots$ 为聚类灰数， d_{ij} 为聚类白化数， $i \in$

{I, II, ...}, $j \in \{1^*, 2^*, \dots\}$ 。灰色聚类一般分以下六步：

第一步是给出聚类白化数 d_{ij} 。实际工作中，聚类白化数一般通过测试等手段给出。如果测试指标量纲不同，要进行无量纲化处理。常用处理方法有初值化、均值化和区间相对值化。另外，可将所有指标无量纲化在某一区间（常用 $0 \sim 100$ ）上。

第二步确定灰类白化函数。灰类白化函数一般借助评价标准或根据聚类白化数 d_{ij} 并结合实际工作情况确定。

第三步求标定聚类权。若有 $1^*, 2^*, \dots, n^*$ 个聚类指标，令

$$f_{kj}(x) (k \in [1^*, 2^*, \dots, n^*],$$

$j \in [1, 2, \dots, n]$ 为灰数 \otimes 的白化函数，则标定聚类权为

$$\eta_{kj} = \frac{\lambda_{kj}}{\sum_{i=1}^{n^*} \lambda_{ij}} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

第四步求聚类系数。第 i 个聚类对象对于第 j 个灰类的聚类系数 σ_{ij} 为

$$\sigma_{ij} = \sum_{k=1}^{n^*} f_{kj}(d_{ik}) \eta_{kj}$$

第五步构造聚类向量

$$\sigma_i = (\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \dots, \sigma_{in})$$

第六步聚类。由聚类向量求出 $\max\{\sigma_{ij}\}$ ，即可判断 σ_{ij} 的类属。

三、聚类指标与数据统计

由于目前对造浆粘土的评价指标还未统一，这里暂选择胶质价、膨胀倍数、硅铝比 ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) 和盐基总量 ($\sum E_c$) 作为评价造浆粘土的指标，以便阐明该方法的应用步骤。

湖南地矿局选择 15 个不同地区的造浆粘土进行测试，结果列于表 1。

表 1

序号	产地	胶质价 (x_1)	膨胀倍数 (x_2)	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (x_3)	$\sum E_c$ (x_4)
1	阜新土	35	5	3.94	49.2
2	肖县土	41.5	7	1.88	40.3
3	耒阳土	34.5	5.8	3.11	10.7
4	三角土	44	6.7	3.27	17.08
5	怀化土	35	5	3.23	42
6	澧县土	32	16.8	3.51	36.9
7	光辉土	51	4.1	2.30	8.4
8	汤山土	42	3.9	4.23	59.4
9	信阳土	79	10.5	3.50	63.4
10	高阳土	38	11.8	3.64	51.5
11	失鞭塘土	25	4.8	3.08	10.7
12	黑山土	35	11.3	5.21	45.3
13	鄂城土	49	11.2	3.87	40.3
14	潍县土	47	11	3.96	58.9
15	株木土	38	3.5	3.21	1.73

四、造浆粘土的灰色聚类

现以 I, II, ..., X V 分别代表 15 个不同地区的不同造浆粘土，以 $1^*, 2^*, 3^*, 4^*$ 依次表示胶质价、膨胀倍数、 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 和盐基总量 ($\sum E_c$) 四项指标，用 1、2、3 分别表示甲、乙、丙三个造浆粘土等级，然后对以上 15 种粘土进行灰色聚类。

第一步，给出聚类白化数。由于表 1 中各指标量纲不同，现以胶质价为基础进行无量纲化处理，即

$$x_2' = \frac{100}{20} x_2,$$

$$x_3' = \frac{100}{6} x_3,$$

$$x_4' = \frac{100}{70} x_4.$$

式中 100、20、6 和 70 分别为胶质价、膨胀倍数、 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 和盐基总量 $\sum E_c$ 的最大值。于是可以确定出的聚类白化数 d_{ij} 组成下列矩阵：

	1 *	2 *	3 *	4 *	
D =	35	25	65.7	70.3	I
	41.5	35	31.3	57.6	II
	34.5	29	51.8	15.3	III
	44	33.5	54.5	24.4	IV
	35	25	53.8	60	V
	32	84	58.5	527	VI
	51	20.5	38.3	12	VII
	42	19.5	70.5	84.9	VIII
	79	52.5	58.3	90.6	IX
	38	59	60.7	73.6	X
	25	24	51.3	15.3	XI
	35	56.5	86.8	64.7	XII
	49	56	64.5	57.6	XIII
	47	55	66	84.1	XIV
	38	17.5	53.5	2.47	XV

第二步确定灰类白化函数。设 f_{1j} 为第 j 个指标第 j 个灰类的白化函数。根据我国粘土资源情况，如果规定：胶质价 (1 *) 甲

级土 (1) 的灰数 $\otimes_{11} \in [40, 100]$ ，表示胶质价在 40 以上的粘土为甲级土；膨胀倍数 (2 *) 甲级土 (1) 的灰数 $\otimes_{21} \in [11, 20]$ ，表示膨胀倍数在 11 以上的粘土为甲级土； $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (3 *) 甲级土 (1) 的灰数为 $\otimes_{31} \in [3.8, 6]$ ，即表示 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 在 3.8 以上的粘土为甲级土； $\sum E_c$ (4 *) 甲级土的灰数为 $\otimes_{41} \in [45, \infty]$ ，即表示 $\sum E_c$ 在 45 以上的粘土为甲级土。

同样可以规定四项指标乙级土 (2) 和丙级土 (3) 的灰数：

$$\otimes_{12} \in [35 - \varepsilon, 35 + \varepsilon]$$

(ε 为很小的数)，

$$\otimes_{22} \in [7 - \varepsilon, 7 + \varepsilon],$$

$$\otimes_{32} \in [3.5 - \varepsilon, 3.5 + \varepsilon],$$

$$\otimes_{42} \in [40 - \varepsilon, 40 + \varepsilon],$$

$$\otimes_{13} \in [0, 25],$$

$$\otimes_{23} \in [0, 4],$$

$$\otimes_{33} \in [0, 3],$$

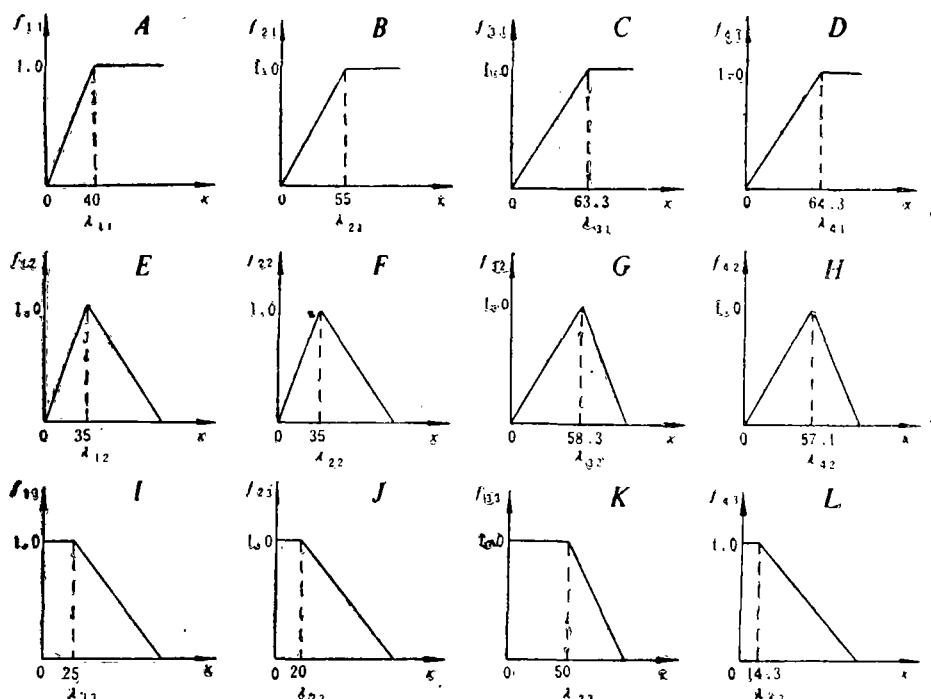


图 2

$\odot_{43} \in [0, 10]$ 。

按上述规定, 将灰数无量纲化, 即可确定出图2 (A~L) 所示的白化函数。

第三步求标定聚类权 各项指标对甲级土的标定聚类权为:

$$\eta_{11} = \frac{\lambda_{11}}{\sum_{i=1}^4 \lambda_{i1}} = \frac{\lambda_{11}}{\lambda_{11} + \lambda_{21} + \lambda_{31} + \lambda_{41}}$$

$$= \frac{40}{40 + 55 + 63.3 + 64.3}$$

$$= \frac{40}{222.6} = 0.180$$

$$\eta_{21} = \frac{\lambda_{21}}{\sum_{i=1}^4 \lambda_{i1}} = \frac{55}{222.6} = 0.247$$

$$\eta_{31} = \frac{\lambda_{31}}{\sum_{i=1}^4 \lambda_{i1}} = \frac{63.3}{222.6} = 0.284$$

$$\eta_{41} = \frac{\lambda_{41}}{\sum_{i=1}^4 \lambda_{i1}} = \frac{64.3}{222.6} = 0.289$$

同理求出各项指标对乙级土 (2) 和丙级土 (3) 的标定聚类权, 即可组成以下聚类权矩阵:

$$\eta_{kj} = \begin{cases} 0.180 & 0.247 & 0.284 & 0.289 \\ 0.189 & 0.189 & 0.314 & 0.308 \\ 0.229 & 0.183 & 0.457 & 0.131 \end{cases}$$

第四步求聚类系数 σ_{ik} I号粘土对甲级土的聚类系数为

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= \sum_{i=1}^4 f_{ik} (d_{ik}) \eta_{ki} \\ &= f_{11} (d_{11}) \eta_{11} + f_{21} (d_{21}) \eta_{21} \\ &\quad + f_{31} (d_{31}) \eta_{31} + f_{41} (d_{41}) \eta_{41} \\ &= f_{11} (35) \times 0.180 + f_{21} (25) \times 0.247 \\ &\quad + f_{31} (65.7) \times 0.284 + f_{41} (70.3) \\ &\quad \times 0.289 = 0.842 \end{aligned}$$

同理求出 I 号土对乙级土和丙级土的聚类系数分别为 0.795 和 0.729。

第五步构造聚类向量

$$\sigma_{11} = (0.842, 0.795, 0.729)$$

第六步聚类, 由聚类向量可知 $\max\{\sigma_{11}\}$

$= 0.842$, 故 I 号粘土属甲级土。同理求出 II~XV 号粘土对各级粘土的聚类系数, 并组成以下聚类系数矩阵:

	甲	乙	丙	
σ_{12}	0.842	0.795	0.729	I
	0.732	0.832	0.883	II
	0.587	0.705	0.932	III
	0.685	0.770	0.855	IV
	0.731	0.901	0.853	V
	0.890	0.816	0.552	VI
	0.498	0.524	0.920	VII
σ_{13}	0.841	0.604	0.653	VIII
	0.937	0.580	0.562	IX
	0.979	0.821	0.682	X
	0.520	0.624	0.977	XI
	0.978	0.670	0.383	XII
	0.970	0.847	0.716	XIII
	1	0.654	0.600	XIV
	0.501	0.576	0.928	XV

由此可以对 15 种不同产地的粘土作出如下评价:

甲级: 阜新土、澧县土、汤山土、信阳土、高阳土、黑山土、鄂城土、潍县土。

乙级: 怀化土

丙级: 肖县土、永阳土、三角土、光辉土、失鞭塘土、株木土。

五、结束语

1. 用灰色聚类方法, 以胶质价、膨胀倍数、 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\sum E_c$ 四项指标对造浆土进行评价, 与其他方法评价的结果基本相符。这表明对难以建立精确数学模型的粘土系统, 用灰色聚类方法进行评价是可行的。

2. 造浆粘土的评价指标目前尚在制订中, 但文中所选的四项指标基本上代表了造浆粘土的本质特征, 用四项指标评价比只用单项指标评价合理。

液[动]冲[击]回[转]钻[头]的[合]理[使]用

地质矿产部勘探技术研究所 苏长寿

在液动冲击器及与之配套的辅助装置的研究取得迅速发展的条件下，冲击回转钻头的研究也已有了很快的进展，并已有了部分定型产品。为了使大家在现有条件下用好钻头，现将我们使用钻头的一些体会介绍如下。

一、合金钻头

(一) 钻头的工作条件

冲击回转钻进时，钻头是在静压条件下，由冲击动载和切削力共同作用破碎岩石的。它的钻进参数与回转钻进相比有明显的不同，主要表现为泵量大、泵压高、钻压小、转速低。这样，合金钻头的工作条件也有明显改善。

1. 切削刃磨损小 在硬度大、研磨性强的岩石中钻进时，由于冲击力的作用，增大了切入岩石的深度；而且由于冲击力作用时间短促，而钻压和转速较低，切削刃与岩石间的摩擦力相对较小，温度较低，所以磨损速度相对较小，钻头寿命相应延长。

2. 能量传递效率高 作用在钻头上的静压使岩石始终处于紧张的预压应力状态，另外冲锤在冲击时回弹很小，可使一部分剩余

3. 造浆粘土的评价标准应根据我国粘土资源情况制订。各项指标划分为甲、乙、丙三级的标准应进一步探讨，要在以后的研究中不断完善白化函数。

能量用于破碎岩石，因而加快了岩石的破碎速度。

3. 碎岩条件好 连续不断的高频冲击作用，在孔底形成了不同深度的裂纹，有助于压碎岩石和产生剪切体；两次冲击形成的脊部为回转剪切创造了较好条件，这是回转钻进不可能具备的。

4. 重复破碎少 由于泵量较大，液流速度快，不仅使孔底清洁，减少重复破碎，而且，高速液流还能对岩石产生机械冲刷作用和水楔作用，降低岩石的表面硬度。

(二) 合金钻头使用前的检查

冲击回转钻进用合金钻头必须符合以下要求：①要保证和金刚石钻头的互换性；②不掉或少掉合金。为此，使用前必须仔细进行以下检查：

- (1) 硬质合金无裂纹和歪斜；
- (2) 焊接面积必须达到90%以上；
- (3) 焊渣清理干净；
- (4) 出刃一致，底出刃高差应不大于0.1mm；

- (5) 钻头内外径公差在允许范围内（外径公差为 $+0.4 \sim +0.6$ mm，内径公差 ± 0.1 mm）；

1986年。

[2] 邓聚龙：《灰色系统基本方法》，华中工学院出版社，1987年。

[3] 邓聚龙：《灰色控制系统》，华中工学院出版社，1987年。

参考文献

[1] 曾祥熹等：《钻孔护壁堵漏原理》，地质出版社，