

模糊物元分析在金刚石钻头综合评价中的应用

冯玉国, 朱家东

(山东正元建设工程有限责任公司, 山东 济南 250014)

摘要:针对金刚石钻头综合评价中各指标的不相容性和模糊性, 提出基于模糊物元分析的金刚石钻头综合评价方法。该方法将待评价金刚石钻头、评价指标及其特征值作为物元, 根据专家经验和工程实际建立关联函数, 通过计算综合关联度得到最优的金刚石钻头。用实例与模糊优化理论模型等进行了对比, 得到了一致的结果。

关键词:模糊物元分析; 金刚石钻头; 综合评价; 可拓集合; 关联函数

中图分类号: P634.4⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2008)04-0067-02

Application of Fuzzy Matter Element Analysis in Comprehensive Evaluation of Diamond Bit/FENG Yu-guo, ZHU Jia-dong (Shandong Zhengyuan Construction Engineering Co., Ltd, Jinan Shandong 250014, China)

Abstract: Aimed at the incompatibility and fuzziness of indices in diamond bits comprehensive evaluation, a comprehensive evaluation method is presented based on fuzzy matter element analysis. The evaluation on diamond bits, evaluating indices and its characteristic value are taken as matter elements, relational function are constructed according to the expert experience and practical engineering, and optimum diamond bit is obtained by calculating the comprehensive relational degree. Results achieved are consistent/coincident by comparison on cases and fuzzy optimization theory model.

Key words: fuzzy matter element analysis; diamond bit; comprehensive evaluation; extension set; correlation function

0 引言

作为钻探生产主要消耗材料的金刚石钻头, 其钻进效果好坏直接影响到钻探工程经济效益。如何评价金刚石钻头, 并根据不同的岩层条件进行优选, 是一个值得探讨的课题。以往的金刚石钻头评价多是以平均寿命作为主要评价指标。但是, 随着金刚石合成技术、钻头制造技术及操作水平的提高, 金刚石钻头寿命普遍有了较大幅度的提高。目前多数人认为, 仅用金刚石钻头寿命评价其优劣是不合理的。因为金刚石钻头的时效直接影响到钻探施工工期, 施工工期又直接影响到钻探总成本, 且各个厂家的金刚石钻头价格也不相同。因此, 用金刚石钻头寿命、时效和价格 3 项指标进行综合评价才是比较合理的。

金刚石钻头的优选是一个多目标、多层次的决策问题。在可供选择的多种方案中, 每种方案都有其各自的特点, 而这些方案的各指标又往往具有不相容性和模糊性, 如有的效率高, 有的造价低, 有的适应性强等, 这给决策者直观评价带来困难。我国学者蔡文教授创立的物元分析理论为研究解决矛盾问题的规律提供了一种新的工具^[1]。该理论以可拓数学为基础, 基于事物的功能目标与环境条件之

间的可容性和事物系统的相关性, 将现实的问题概括为相容性、不相容性问题并进行转化处理, 将复杂问题抽象为形象化的模型^[2], 是一种解决多目标决策问题的新途径。本文在物元分析的基础上, 结合模糊集合, 建立了一种基于模糊物元分析的简便直观的金金刚石钻头综合评价模型, 并将该模型应用于金刚石钻头综合评价, 与用其它方法评价得到的结果进行对比。

1 模糊物元与模糊物元分析评价步骤

1.1 模糊物元

所谓模糊物元, 是指以有序三元组, 即事物、特征、模糊量值来描述事物的基本元^[3]。若将模糊量值改为白化量值, 则模糊物元便是一般物元。如果事物 N 有 n 个特征 c_1, c_2, \dots, c_n 和相应的模糊量值 v_1, v_2, \dots, v_n , 称 R 为 n 维模糊物元, 简记为 $R = (N, C, V)$ 。如果 m 个事物以 n 项特征及其相应的量值来描述事物的复合元, 则称 m 个事物 n 维复合物元, 记为 R_{mn} 。

1.2 模糊物元分析评价步骤

1.2.1 构造各类复合物元

若以 R_{mn} 代表 m 种方案 n 维复合物元, 其中 M_j

收稿日期: 2007-11-17

作者简介: 冯玉国(1960-), 男(汉族), 山东泰安人, 山东正元建设工程有限责任公司副总工程师、高级工程师, 探矿工程专业, 硕士, 从事岩土工程设计、施工与监理工作, 山东省济南市山师东路 14 号, fengyuguo@126.com。

表示第 j 种方案,特征用指标 C_i 表示,即第 j 种方案第 i 项指标,与其相应的量值用 x_{ji} ($j=1,2,\dots,m; i=1,2,\dots,n$) 表示,则有:

$$R_{mn} = \begin{pmatrix} M_1 & M_2 & \Lambda & M_m \\ C_1 & x_{11} & x_{21} & \Lambda & x_{m1} \\ C_2 & x_{12} & x_{22} & \Lambda & x_{m2} \\ M & M & M & M & M \\ C_n & x_{1n} & x_{2n} & \Lambda & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

若将式(1)量值改为模糊量值,则 R_{mn} 变为 \tilde{R}_{mn} , 称为 m 种方案 n 维复合模糊物元,即:

$$\tilde{R}_{mn} = \begin{pmatrix} M_1 & M_2 & \Lambda & M_m \\ C_1 & u_{11} & u_{21} & \Lambda & u_{m1} \\ C_2 & u_{12} & u_{22} & \Lambda & u_{m2} \\ M & M & M & M & M \\ C_n & u_{1n} & u_{2n} & \Lambda & u_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

式中: u_{ji} ——第 j 种方案第 i 项指标相应的从优隶属度,不同类型的指标有不同的表达形式^[1]。

对于越大越优型:

$$u_{ji} = x_{ji} / (\max x_{ji}) \quad (j=1,2,\dots,m) \quad (3)$$

对于越小越优型:

$$u_{ji} = (\min x_{ji}) / x_{ji} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (4)$$

式中: $\max x_{ji}$ 、 $\min x_{ji}$ ——分别表示式(1)中 x_{ji} 的最大值和最小值。

由于关联函数与隶属度等价^[1],故关联系数可直接由上面的隶属函数值(即隶属度)加以确定。

如果以 R_w 表示每一种方案各项技术经济指标的权重复合物元,并以 w_i 表示每一种方案第 i 项指标的权重,则有:

$$R_w = \begin{pmatrix} C_1 & C_2 & \Lambda & C_n \\ w_i & w_1 & w_2 & \Lambda & w_n \end{pmatrix} \quad (5)$$

1.2.2 计算关联度

若以 \tilde{R}_s 表示方案优选度复合模糊物元,并以 s_j 表示第 j 种方案的优选度,则有:

$$\tilde{R}_s = \begin{pmatrix} M_1 & M_2 & \Lambda & M_n \\ s_i & s_1 & s_2 & \Lambda & s_n \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$s_j = \sum_{i=1}^n w_i u_{ji}$$

1.2.3 按最大优选度原则进行优劣排序

方案优选度中最大者称为最大优选度,记为 S^* ,以此作为合理选取最优方案的原则,称为最大优选度原则,其表达式为:

$$S^* = \max(s_1, s_2, \dots, s_m) \quad (7)$$

此值对应的方案就是最优方案。

按式(6)算出方案优选度的大小,按照最大优选度原则即可进行方案的优劣排序。

2 应用实例

在胶东一矿区花岗岩中钻进,统计了 5 个厂家的金刚石钻头使用情况,见表 1。

表 1 5 个厂家的金刚石钻头统计指标

厂家	寿命/m	时效/m	价格/元
A	31.5	1.65	268
B	29.5	2.05	250
C	25.4	1.30	225
D	18.4	1.85	260
E	24.3	1.51	230

2.1 建立复合物元矩阵

根据表 1,建立如下 5 种钻头的 4 维复合物元矩阵:

$$R_{mn} = \begin{pmatrix} I & II & III & IV & V \\ C_1 & 31.5 & 29.5 & 25.4 & 18.4 & 243 \\ C_2 & 1.65 & 2.05 & 1.30 & 1.85 & 1.51 \\ C_3 & 268 & 250 & 225 & 260 & 230 \end{pmatrix}$$

由于寿命和时效是效益型(越大越优型)指标,价格是成本型(越小越优型)指标,于是由式(3)、(4)得到如下的模糊复合物元矩阵:

$$\tilde{R}_{mn} = \begin{pmatrix} I & II & III & IV & V \\ C_1 & 1 & 0.937 & 0.8 & 0.584 & 0.771 \\ C_2 & 0.805 & 1 & 0.634 & 0.902 & 0.737 \\ C_3 & 0.840 & 0.9 & 1 & 0.865 & 0.978 \end{pmatrix}$$

通过专家咨询打分,得各指标的权重向量:

$$w = (0.50, 0.35, 0.15)$$

即每类钻头各项指标的权重复合物元矩阵为:

$$R_w = \begin{pmatrix} C_1 & C_2 & C_3 \\ W & 0.50 & 0.35 & 0.15 \end{pmatrix}$$

将 R_{mn} 与 R_w 代入式(2)~(6)中计算得:

$$R_s = \begin{pmatrix} I & II & III & IV & V \\ s_j & 0.9078 & 0.9535 & 0.77198 & 0.7368 & 0.7902 \end{pmatrix}$$

显然 $s_{II} > s_I > s_V > s_{III} > s_{IV}$,即 5 种类型钻头的优劣排序为: $B\emptyset A\emptyset EC\emptyset D$ (\emptyset 表示优先于),与用灰色优化理论模型优选得到的结果^[4]和用相对灰色关联分析综合评价得到的结果^[5]完全一致。

3 结语

金刚石钻头的综合评价标准应是钻探成本,用
(下转第 73 页)

处凿槽埋管引排地下水,表面抹防水层,再喷砼止水,也可在出水点进行局部裂隙注浆予以封闭。

(4)对于大面积涌水段,可采用全断面高压注浆,将水流封堵在开挖面之外。即以高压的水泥浆液或化学浆液注入岩石裂隙,使隧道沿周边形成一个封闭环。注浆时注意:注浆孔深应穿过衬砌深入围岩0.5 m,梅花型布置;注浆压力要比围岩静水压力大0.5~1.5 MPa;注浆顺序应从下而上,从无水区向有水或多水区,从下坡向上坡方向,从两端洞口向洞身中间压浆,每段长度 ≥ 20 m;注浆效果检查,检查孔吸水率 > 1.0 L/(min·m)时必须进行补充注浆;注浆时,应防止压浆而堵塞衬砌背后的排水设施。

3.3.2 隧道衬砌腐蚀病害处理

治理腐蚀的最佳措施是彻底治理二衬渗漏,即以排为主,排、堵、截并用,综合治水;对于已腐蚀的二衬砼,采取以下措施。

(1)侵蚀深度 < 10 cm、渗水较小部位,凿除侵蚀砼,在清洗好的基面上作抹面防水层,埋好排水管,重新用防腐砼或环氧树脂砂浆补平。

(2)在各种腐蚀病害较为严重,侵蚀深度 > 10 cm的地段,除采取排水降低水压外,要对已侵蚀的衬砌进行翻修,即凿除病害砼,在清洗好的基面上敷耐腐材料作为防腐层,再立模浇筑抗侵蚀、防水砼,使防水、防腐设施与结构合为一体。

3.3.3 隧道衬砌裂缝病害的处理

根据裂缝成因,开裂程度,发展趋势,采用不同方法进行处治。

(上接第68页)

钻探成本衡量其优劣才是最科学、最合理的。但是,由于钻探成本的影响因素较多,且又不在同一批钻头中算出,因此综合评价金刚石钻头是很困难的。将物元分析理论与模糊集合理论结合是解决金刚石钻头综合评价问题的一种新途径。这比单纯考虑精确量值的物元分析方法具有更好的适应性。模糊物元模型物理概念清楚、计算过程简单,具有一定的推广、应用价值。

(1)由砼干缩、温度应力等引起的未贯穿衬砌厚度的局部细小裂缝,且裂缝基本无渗水,在裂缝处凿槽,用环氧树脂浆液嵌补。

(2)局部纵向长渗水裂缝或环向渗水裂缝,可在裂缝处凿槽,埋管引排地下水,再用环氧树脂浆液嵌补。

(3)衬砌段存在大面积开裂,但裂缝未错动和全部贯穿衬砌厚度,采用钢筋砼套拱。

(4)某衬砌段裂缝明显错动,且存在较大面积贯穿衬砌厚度,更换该段衬砌。

(5)衬砌背后存在空洞和积水而导致开裂漏水,可采用套拱或锚喷加固、注浆堵水。

(6)衬砌材质大面积劣化、裂缝分布密度较大的,采用锚喷注浆加固。

(7)因围岩软弱破碎或原塌方体处理不当,引起衬砌严重变形而引起的开裂、错动,从而侵入建筑界限的,凿除开裂砼,用长锚杆、喷砼加小导管注浆加固围岩,如有必要,再加型钢拱架加固,而后再立模重新浇筑该段防水砼。衬砌背后如有可能形成水囊,应对围岩进行止水处理。

4 结语

本文仅对一般地质条件下的连拱隧道的病害的成因及防治措施做初浅的探讨,对于特殊地层(如松软地层、高压岩爆地层、软土地层、膨胀土地层、高寒地层等)中的隧道的病害未做研究,希望本文能起到抛砖引玉的作用。敬请有关专家批评指正。

参考文献:

- [1] 蔡文. 可拓集合和不相容问题[J]. 科学探索学报, 1983, (1).
- [2] 蔡文. 物元分析[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1987.
- [3] 张斌, 雍岐东, 肖芳淳. 模糊物元分析[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [4] 冯玉国. 模糊优化理论模型在金刚石钻头优选中的应用[J]. 地质技术经济管理, 1993, 15(2).
- [5] 冯玉国. 用相对灰色关联分析综合评价金刚石钻头[J]. 探矿工程, 1997, (2).