

基于模糊查询的工程材料数据库

任煜¹, 褚学宁¹, 蔡莉霞¹, 王滨², 邓建国², 陈运远², 陈俊伟²

(1. 上海交通大学机械与动力工程学院, 上海 200240; 2. 上海材料研究所, 上海 200437)

摘要: 针对目前工程材料数据库无法表达自然语言中模糊概念的现状, 提出材料性能和模糊集合的匹配以及模糊语句向 SQL 语句转换的方法, 建立了模糊查询模型。基于此开发了具有模糊查询功能的工程材料数据库, 将模糊化查询语句精确化, 对查询条件进行定量评判, 从而完成材料选定。并在此数据库中, 以曲轴选材为实例, 验证了所提方法的可行性。

关键词: 工程材料; 模糊查询; 数据库

中图分类号: TP392

文献标识码: A

文章编号: 1000-3738(2006)12-0091-04

Engineering Materials Database on Fuzzy Query

REN Yu¹, CHU Xue-ning¹, CAI Li-xia¹, WANG Bin², DENG Jian-guo²,

CHEN Yun-yuan², CHEN Jun-wei²

(1. Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China;

2. Shanghai Research Institute of materials, Shanghai 200437, China)

Abstract: The fuzzy concept in nature language could not be expressed in current material databases. The method of matching of materials performance parameter and fuzzy sets and transforming nature language into SQL language was presented. Then an engineering material database which had fuzzy queries function was developed to turn fuzzy language into exactitude and judged queries condition in quantitative analysis way. An example of choosing material of crank in the database is given to validate the method.

Key words: engineering material; fuzzy queries; database

0 引言

现有的工程材料数据库大多是关系型的, 关系型数据库是以二值逻辑和精确的数学工具为基础, 而客观事物大多是表露不全、不确定或模糊不清的, 一般不能用二值逻辑和精确数学方法来准确描述。为了使数据库描述的模型更加贴切地描述客观事物, 有必要把不完全、不确定性和模糊性引入数据库^[1]。若将关系型数据库改造为模糊数据库, 既费时又费力, 所以将模糊理论直接引入传统工程材料数据库中, 对数据表示和数据库进行模糊转换, 并建立相应的查询语言^[2], 使这些关系型数据库能进行模糊查询则更为实际。文献[2]将模糊理论直接引入到传统数据库中, 对数据表示和数据库进行模糊处理; 文献[3]提出了基于人员年龄、身高与体重的

模糊单词、模糊隶属函数, 实现了基于模糊算法的人员信息数据库查询工具, 这给工程材料数据库的模糊查询提供了理论依据。文献[4]将模糊数学理论引入到金属材料数据库进行模糊查询, 但查询隶属函数仅简单地定义为一次函数, 没有对其可靠性进行验证。

在此基础上, 作者将模糊综合评判方法运用到工程材料选材中, 通过用户输入对评价指标的性能要求, 系统对其进行定量评判, 完成材料选定。

1 工程材料数据模糊查询模型建立

工程材料的选择中一些要求往往具有模糊性, 如“屈服性能较高”、“冲击强度一般”等。因此, 可以运用模糊集合理论将模糊信息数值化, 在查询条件语句描述模糊化情况下, 对工程材料性能的多种影响因素进行定量分析, 综合评定, 通过数据计算得到最符合要求的工程材料。

1.1 模糊集合和模糊词选择

将要进行筛选的某类材料的各个牌号集合定义

收稿日期: 2005-11-07; 修订日期: 2006-10-09

作者简介: 任煜(1982—), 男, 安徽泾县人, 硕士研究生。

导师: 褚学宁教授

为备选集为 $U = \{\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n\}$ 。此类备选集具有共同的属性,根据不同的备选集建立不同的因素集 $F = \{f_1, f_2, f_3, \dots, f_n\}$ 。

模糊词的选择应该符合自然语言的习惯,针对工程材料性能描述特点,例如因素集为屈服强度时,可以将其模糊词选择为“高”、“中”、“低”。

1.2 隶属函数的确立

一般而言,隶属函数并无通用的定理或公式,因此,利用模糊理论去解决实际问题的关键往往是如何找出一个恰当的隶属函数^[5]。

文献[6]指出在普遍采用的梯形隶属函数分布会造成数据信息的丢失,不能很好反映实际;而 k 次抛物线型隶属函数分布在偏大型和偏小型的模糊分布函数过于集中,查询结果太少,无法满足用户需要; Γ 型分布和岭型分布隶属函数为非对称分布,而且岭型分布置信水平低,查询得到的结果可能太大,既导致用户难以取舍,又会增加系统处理时间,浪费系统资源。因此选用正态分布函数,每一个模糊词对应一个模糊集合。

1.3 使用语言算子后的隶属函数匹配

大多数模糊词是对现象进行形式化的处理,在实际使用时,还需对这些模糊词进行量化。为了区分模糊词的程度,需要将语言算子分为语气算子和模糊化算子两类。

语气算子用于修饰模糊词的肯定程度,分别有两种不同的效果^[2]。有强化作用的语气算子,如“很”、“非常”等,可以使模糊词的隶属度分别向中央集中,称为集中化算子;有弱化作用的语气算子,如:“比较”、“稍微”等,可以使模糊词的隶属度分布由中央向两边弥散,成为松散化算子。可以根据语言算子的选择情况应用前面描述过的隶属函数方法得到实际应用于运算的隶属函数。设 $f_A(\mu) = e^{-\frac{(\mu - \mu_0)^2}{\sigma^2}}$, 当 $\sigma \geq 1$ 时,称为集中化算子,当 $\sigma \leq 1$ 时,称为松散化算子。

而模糊化算子作用加在一个精确词前面当前缀,把精确词的意义模糊化。模糊化算子可以作用于数字,就把精确数字转换为模糊数字。

1.4 模糊化查询语句和计算精确查询范围

模糊化查询语句通常包含模糊词、语气算子、模糊化算子。一个模糊查询语句由若干个查询子句组成,子句之间通过“与”、“或”、“非”操作连接。模糊化 SQL 语句主要指在使用 select 语句进行查询时, where 之后的查询条件能容纳模糊词和语言算

子^[7,8]。但 SQL 要求 where 后的查询条件必须是一个精确的算式,因此,必须将模糊化的查询语句转化为精确的查询条件。

1.5 权重集的确立

由于用途和工作条件不同,金属材料各个性能的重要性也有所差别,选材者应根据材料的具体要求,对各个性能依其重要程度赋予一定权重。设权重集为 $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$, 其满足 $0 \leq a_i \leq 1$ 。

1.6 综合评判

对于任何一种备选材料 $\mu_i (1 \leq i \leq n)$, 有 m 个性能(因素), 每个因素有一个来自评语集的评语, 根据该评语所对应的隶属函数, 求得的每个因素对其评语的隶属度, 组成一个隶属度向量:

$$R_i = (r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, \dots, r_{im}), i = 1, 2, \dots, n$$

所有材料隶属度向量组成一个隶属度矩阵 A , 利用隶属度矩阵和权重集, 可以求得综合评判集为:

$$B = R \cdot A = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1m} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ \dots \\ a_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ \dots \\ b_m \end{bmatrix}$$

其中 $b_i (1 \leq i \leq n)$ 反映了材料 u_i 对于所有选择材料的综合隶属度。最终选择综合隶属度最大的材料为最佳参考材料。

2 数据库系统开发

2.1 数据来源

该工程材料数据库包含了实测库和标准库两个数据库。实测数据库是上海材料研究所在“六五”至“九五”国家重大科技项目“机械工业常用钢铁材料性能数据积累”、“工程材料性能数据库”等成果基础上, 对近 300 种具有代表性的常用材料按照拉伸试验、端淬试验等 79 种标准试验方法进行实测, 得到的材料化学成分、力学性能、化学性能、物理性能、工艺性能和材料用途等数据。标准数据库是根据国家标准制定的包括低合金高强度结构钢、优质碳素结构钢、合金结构钢及碳素结构钢等常用材料的力学性能、尺寸规格、工艺性能、腐蚀性能和允许偏差等数据。

2.2 数据库功能分析

本工程材料数据库采用 VBScript 和 JavaScript 在 ASP 环境下设计开发, 主要功能模块见图 1。

2.3 数据库结构

标准数据库是按国家标准数据建立, 根据按材料牌号分类的层次关系从根目录起为所有分类首先建

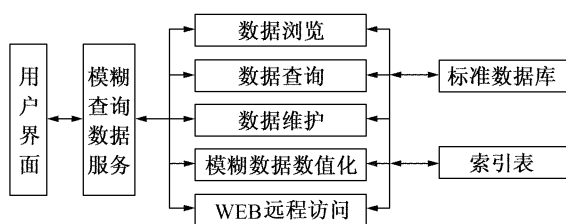


图1 查询服务系统主要功能

Fig. 1 Main function of search service system

立多个类表,以分类名称作为主键,当某一个类下面还有分类时,其类表包含下级分类的类名,而当该类已经是最后一层时,其类表则包含该类材料所有的牌号。每一层次材料的属性可以根据需要自由创建。

实测材料库的设计依据关系数据库模型,采用动态设计思想,对每种材料不区分材料类和具体牌号的概念,对试样的具体试验进行分类,每种试验表

内可以允许无限地添加材料的子材料。在建立的材料库框架中,由管理工具进行数据输入,动态生成各种类型的材料,以及材料的层次关系,表与表之间的关系,同时将材料的牌号生成表的主键。为提高按照牌号查询材料性能数据的查询速率,在数据库内各试验表格基础上建立材料牌号索引表,用于记录该牌号在数据库中各试验表中是否存有数据。

3 模糊查询应用举例

模糊查询主界面见图2,可以实现各种材料的模糊查询。例如设计人员在选用高速内燃机曲轴时,一般是以静强度($\sigma_b, \sigma_s, \varphi, \delta$)和冲击韧性作为设计标准,并考虑疲劳强度。在设置查询条件时对曲轴的要求是有高的强度,一定的冲击韧度和弯曲、扭转疲劳强度,还要有高的硬度和耐磨性。

材料牌号模糊查询			
抗拉强度	高	权重	1
冲击韧性	中	权重	0.8
布氏硬度	高	权重	1
耐磨性	高	权重	1
扭转疲劳强度	中	权重	0.8
弯曲疲劳强度	中	权重	0.8
断后伸长率	约为 20	权重	0.7
端面收缩率		权重	
冲击吸收功		权重	
确定 重置			

图2 模糊查询主界面

Fig. 2 Interface of fuzzy queries

将查询条件添加至“材料牌号模糊查询”中,分别选择并填写材料的性能影响因素、评语、评语参数和权重。点击“确定”按钮,则系统会自动将模糊化查询语句转化为精确查找范围,计算出每种材料对以上查询条件的综合隶属度,系统根据综合隶属度的大小对所有材料重新排列顺序,并列出了该种材料的所有性能数据。

查询结果是35CrMo钢以0.8756的综合隶属度被选择为最佳材料。而《机械工程材料手册》一般选用的内燃机曲轴为35CrMo、42MnCr和45钢等材料,查询结果和实际选用材料相同。

4 结束语

该工程材料数据库通过引进模糊集合理论,在复杂查询条件上的模糊化扩展,将查询中的权重、属性的隶属度等模糊化查询语句精确化,可提供工程材料模糊查询服务。

参考文献:

- [1] 何新贵. 模糊数据库系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.
- [2] 朱蓉. 基于模糊理论的查询技术研究[J]. 计算机应用研究, 2003, (5): 8-9.
- [3] 周泓, 徐小良, 汪乐宇. 基于模糊算法的数据库查询工具的设计[J]. 计算机应用研究, 2001, (5): 16-17.

- [4] 汪建飞. 金属材料模糊查询及选材数据库系统[J]. 机械, 2005, (3): 26—27.
- [5] 李鸿吉. 模糊数学基础及实用算法[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [6] 黄崇福, 王家鼎. 模糊信息优化处理技术及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1996.
- [7] Yoshikane Takahashi. A fuzzy query language for relational database[J]. IEEE Transaction on Fuzzy System, 1991, 21 (6): 1576—1579.
- [8] Patrick Bosc, Oliver Pivert. SOLf: A relational database language for fuzzy querying[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 1995, 23(1): 1—17.

(上接第 28 页)

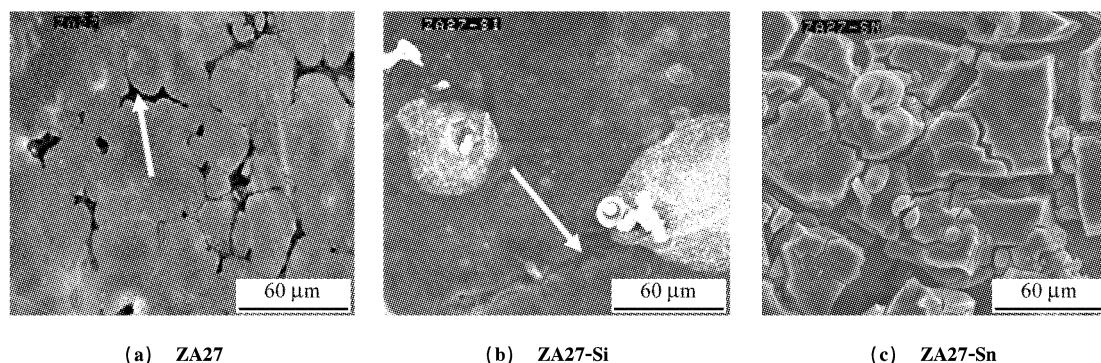


图 5 ZA27 合金典型的腐蚀形貌

Fig. 5 The typical SEM morphology of ZA27 alloys after corrosion

中,析出相作为活性阳极而溶解,在晶界区析出的富铝相优先溶解后, η 相作为阴极, α 相作为阳极优先溶解的电化学过程,使合金的腐蚀表现为晶间腐蚀。

研究表明^[5,6],在高铝锌基合金中,通常当硅含量超过 0.05% 时就会有硅相出现,而当硅含量大于 0.1% 时,将大量出现初生硅相。在 ZA27 合金中硅相并没有被腐蚀,被腐蚀的是硅相析出的相界处附近部位。这是由于硅在锌基合金中一般不形成化合物,从而导致了硅相与相界部位电极电位差增大,加剧了合金的腐蚀。

锡剧烈降低了 ZA27 合金的耐腐蚀性能,这是由于锡在锌中基本不固溶,它常常以单质形式或与锌形成低熔点共晶体而存在于晶界处^[7]。以单质的形式出现则会增加晶界畸变区的宽度,若以低熔点共晶体的形式存在则会增加锌与铝之间的电极电位差,使 η 相作为阴极, α 相作为阳极发生电化学过程而分解,引起晶间腐蚀。

3 结 论

(1) 随着硅、锡元素的增加,ZA27 合金在 35 g/L NaCl 水溶液中的腐蚀电位向负向移动,腐蚀电流密度增加。两种元素均降低了 ZA27 合金的耐腐蚀性能,其中锡的影响较大。

(2) ZA27 合金的腐蚀是晶间腐蚀、相界腐蚀共同作用的结果。相界腐蚀是从 α 相和 η 相的界面处腐蚀,随腐蚀深入 α 相被腐蚀而剥落,形成腐蚀坑;晶间腐蚀是析出相与基体相界处腐蚀,随腐蚀深入析出相被腐蚀。硅引起相界腐蚀,锡引起晶间腐蚀。

参考文献:

- [1] 周荣锋,蒋业华,陈长华. 新型高铝锌基合金在齿轮传动中的应用研究[J]. 特种铸造及有色合金,1999, (s1): 62—63.
- [2] 弓金霞. 高铝锌基合金的摩擦磨损试验中增重的原因分析[J]. 特种铸造及有色合金,2004, (5): 61—63.
- [3] 冯建情,曾建民. 高铝锌基合金的力学性能与显微组织研究[J]. 机械工程材料,2004, 28(11): 41—43.
- [4] Zeng Jianmin, Zou Yongzhi, Xu Zhengbing. A study on elevated temperature impact property of ZA27 alloy[A]. Multi-scaling Associated with Structural and Material Integrity under Elevated Temperature / Fracture Mechanics 2006[C]. Shanghai: East China University of Science and Technology Press, 2006.
- [5] 陈美玲,葛继平,丁立英,等. ZA 合金的耐蚀性能[J]. 中国有色金属学报,1995, (12): 136—140.
- [6] McCafferty E. Validation of corrosion rates measured by the Tafel extrapolation method[J]. Corrosion Science, 2005, 47: 3202—3215.
- [7] 刘贵立,李荣德. 稀土及杂质元素对 ZA27 合金晶间腐蚀的影响[J]. 化学物理学报,2004, (10): 649—651.