

doi:10.3969/j.issn.1007-7162.2013.04.003

解决矛盾问题的逆向策略生成方法

李志明^{1,2}, 杨春燕¹

(广东工业大学 1. 可拓学与创新方法研究所, 广东 广州 510006; 2. 管理学院, 广东 广州 510520)

摘要: 形式化、量化求解矛盾问题是人工智能研究热点. 本文在矛盾问题的可拓模型和逆向思维的形式化模型的基础上研究了矛盾问题的逆向策略生成方法, 并举例说明了该方法的可行性和有效性.

关键词: 矛盾问题; 逆向思维; 逆向策略; 可拓模型; 形式化模型

中图分类号: B80-0; N945. 25

文献标志码: A

文章编号: 1007-7162(2013)04-0021-05

Reversed Strategy Generating Method of Solving Contradictory Problems

Li Zhi-ming^{1,2}, Yang Chun-yan¹

(1. Research Institute of Extenics and Innovation Methods, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2. School of Management, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510520, China)

Abstract: Solving contradictory problems formally and quantitatively is one of the hot research topics in the field of artificial intelligence. Based on the extension model and formalized model of reverse thinking, it studies the reversed strategy generating method of solving contradictory problems, and illustrates the feasibility and effectiveness of this method.

Key words: contradictory problem; reverse thinking; reversed strategy; extension model; formalized model

从常规思维的反方向或从对常规思维的结论的否定去思考问题的思维方式, 是一种冲破常规、寻求变异的思维, 统称这类思维为逆向思维, 以及以此产生的策略称为逆向策略^[1]. 古往今来, 国内外的学者利用逆向思维生成逆向策略解决了无数难题. 比如, “以守为攻”、“欲擒故纵”、“电生磁, 磁生电”、“飞机制造”、“火箭研制”、“竞争与双赢”等. 目前很多学者对“逆”“反”“负”“非”等进行了一些研究, 取得了许多非常有价值的理论和方法^[2-7]. 同时也有很多学者和企业人士把逆向思维应用于管理创新^[8-10]、市场营销^[11-12]、产品设计^[13-14]等不同的领域^[15-16]. 然而这些研究存在一些缺陷: (1) 零散的研究, 没有形成系统的理论和方法. (2) 谈论具体问题的解决策略较多, 对逆向策略的生成机理、生成规律和方法研究较少. (3) 对逆向策略的评价的研究不足. (4) 主要采用自然语言, 因此, 难以进行形式化

分析和操作, 无法告诉人们如何按照一定程序生成逆向策略, 更不能用计算机帮助人们生成逆向策略.

本文在文献[1-2]的基础上, 结合矛盾问题的可拓模型和逆向思维的形式化模型, 研究了矛盾问题的逆向策略生成方法, 并举例说明了该方法的可行性和有效性.

1 基本知识

为了探讨用可拓学中的形式化方法研究解决矛盾问题的逆向策略的生成, 本节首先介绍需要用到的一些可拓学中的基本知识^[1-2, 17-18].

1.1 基元的概念

文献[1]把物元、事元和关系元统称为基元, 其定义如下:

定义 1 对象 O (物、动作或关系词), n 个特征 $c_1, c_2, \dots, c_n$ 及对象 O 关于 c_i ($i = 1, 2, \dots, n$) 对应的

收稿日期: 2013-09-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61273306)

作者简介: 李志明(1988-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为可拓学、数据挖掘.

通讯作者: 杨春燕(1964-), 女, 研究员, 主要研究方向为可拓学、信息与知识管理、数据挖掘、管理可拓工程等.

量值 $v_i (i=1, 2, \dots, n)$ 所构成的阵列

$$B = (O, C, V) = \begin{bmatrix} O, & c_1, & v_1 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_n \end{bmatrix}$$

称为 n 维基元, 其中

$$C = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix}, V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}.$$

在建立矛盾问题的可拓模型时, 也常用到复合元. 复合元的概念可参见文献[1], 此不赘述.

1.2 矛盾问题的可拓模型

文献[1]对矛盾问题进行了定义, 并建立了矛盾问题的可拓模型.

矛盾问题是指在现有的条件下无法实现人们要达到的目标的问题, 其主要分为不相容问题和对立问题. 不相容问题是指条件与目标之间存在矛盾的问题; 对立问题是指目标与目标之间存在矛盾的问题.

设目标为 g , 条件为 l , 则可建立矛盾问题的可拓模型为 $P = g * l$. 其中 g 可由多个目标组成, 同样 l 可由多个条件组成, 此时的矛盾问题的可拓模型为

$$P = (g_1 \wedge g_2 \wedge \dots \wedge g_n) * (l_1 \wedge l_2 \wedge \dots \wedge l_m),$$

其中 $g_i (i=1, 2, \dots, n)$ 与 $l_j (j=1, 2, \dots, m)$ 都是由基元或复合元构成.

为便于研究, 本文只应用由基元构成的矛盾问题的可拓模型, 在下文的讨论中, 不再说明.

1.3 逆向思维的形式化模型

很多矛盾问题的可拓模型是在基元(物元、事元以及关系元)基础上构造而成, 因此本文试图通过对基元实施逆向变换获得逆向基元, 来构建逆向思维的形式化模型.

定义 2 设基元 $B = (O, C, V)$, $B' = (O', C,$

$$V'), \text{ 其中 } C = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix}, V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}, V' = \begin{bmatrix} v'_1 \\ v'_2 \\ \vdots \\ v'_n \end{bmatrix}, \text{ 若存在变}$$

换 T , 使得 $TB = B'$, 且对象 O 与 O' 相互对立(说明: 物元的对象没有对立对象), 或者关于某一特征 c_i 的量值 v_i 与 v'_i 相互对立, 其他特征及其量值都相同, 其中 $i=1, 2, \dots, n$, 则称变换 T 为 B 关于对象 O 或量值 v_i 的逆向变换, 称 B 与 B' 关于对象 O 与 O' 或量值 v_i 与 v'_i 互为逆向基元.

逆向思维的形式化模型构建是逆向策略生成方

法中非常重要的一个步骤, 它可以说是直接关系到利用逆向策略生成方法去解决矛盾问题的成败, 因为逆向思维的形式化模型可以帮助人们按照一定程序, 更快速、更全面获得更多的逆向策略.

2 逆向策略生成方法

不相容问题和对立问题是两类重要的矛盾问题, 虽然都可以利用逆向思维方法解决, 但是解决这两类问题的策略生成方法会有很大差别. 文献[1]介绍了解决不相容问题的策略生成的一般方法, 本文将以此不相容问题为例, 探讨解决这类矛盾问题的逆向策略生成方法.

2.1 逆向策略生成的一般步骤

(1) 对实际问题界定目标和条件, 然后用基元表示体系建立问题的可拓模型;

(2) 根据实际问题提供的指标和要达到目标所需要的相应的指标的取值(或取值范围), 确定问题的核问题;

(3) 建立不相容问题的相容度函数, 通过计算判断问题不相容的程度;

(4) 对构成目标与条件的基元进行逆向变换;

(5) 依据关于逆向变换的传导变换结果计算矛盾问题的相容度, 来获得逆向策略集;

(6) 对逆向策略集进行优度评价选出策略集中最满意的逆向策略.

2.2 逆向策略生成的具体步骤

(1) 利用矛盾问题的界定方法界定问题的目标和条件, 并用基元表示.

假设问题的目标为 G , 条件为 L , 则首先将 G 和 L 用基元表示:

$$G = (O_1, C_1, V_1), L = (O_2, C_2, V_2).$$

(2) 建立问题的可拓模型及其核问题的可拓模型.

问题的可拓模型为

$$P = G * L.$$

核问题的可拓模型为

$$P_0 = G_0 * L_0.$$

(3) 建立矛盾问题的判定函数——相容度函数.

利用关联函数的建立方法, 根据实际问题的条件和目标实现的要求, 建立相容度函数 $K(P) = K(P_0)$, 若 $K(P_0) < 0$, 则称问题 P 为不相容问题; 若 $K(P_0) > 0$, 则称问题 P 为相容问题; 若 $K(P_0) = 0$, 则称问题 P 为临界问题.

(4) 对构成目标或条件的基元实施逆向变换, 以

对条件 L_0 的逆向变换为例,可得如下条件逆向基元:

$TL_0 \in \{L_{01}, L_{02}, \dots, L_{0n}\}$,
 $L_{01}, L_{02}, \dots, L_{0n}$ 可能是对条件基元 L_0 中的对象或量值实施逆向变换产生的逆向基元.

通常逆向变换及其传导变换,会使原问题的相容度发生变化. 这里把使问题的相容度从 $K_0(P) = K(L_0) \leq 0$ 变为 $K(T_{L_0}L_0) = K(L'_0) > 0$ 的逆向变换,称为解决原不相容问题的逆向策略.

重复此步骤,可以得到逆向策略集.
(5) 通过优度评价^[1],对生成的逆向策略进行评价选优,选出逆向策略集中优度较高的策略,作为决策者进行决策时的参考策略. 其一般步骤可参见文献[1]的相应内容.

逆向策略生成方法的基本流程如图1所示.

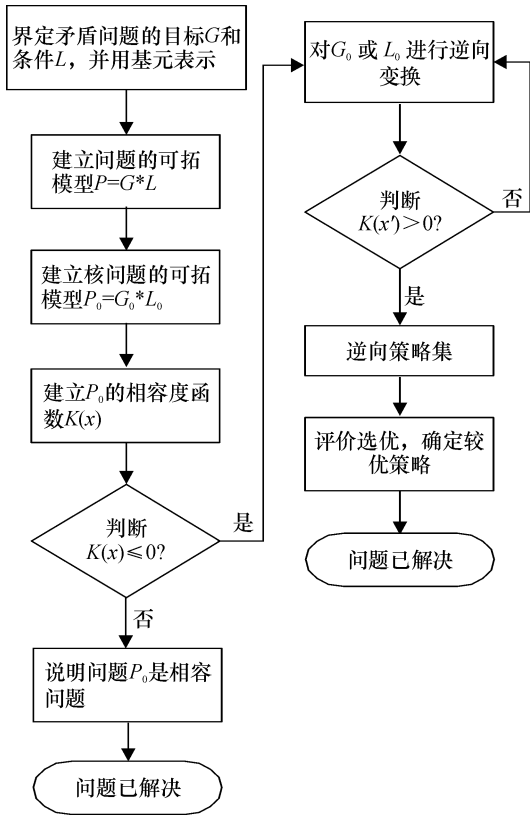


图1 逆向策略生成方法的基本流程

Fig.1 Basic processes of the reversed strategy generating method

当然,利用逆向策略生成方法解决矛盾问题仅仅是可拓学中解决矛盾问题的其中一种方法,也就是说,逆向策略生成方法只是针对在解决某一类特定的矛盾问题时,才能获得满意的策略. 而这一类特定的矛盾问题是指那些利用正向思维方法无法获得满意的策略的矛盾问题. 所以说,在解决矛盾问题的时候,必须结合拓展分析、可拓变换,才能获得满意

的策略.

3 案例分析

下面将以“两向旋转发电机”的发明案例来说明如何利用逆向策略生成方法获得解决该矛盾问题的满意策略.

3.1 案例背景

如何设计一款新型的发电机,使其输出功率达到传统发电机的两倍以上呢? 这个问题难倒了无数的科学家和工程师. 然而,1994 年我国发明家苏卫星利用逆向思维将发电机关于定子不动、转子转动的设计改为转子和定子同时以相反的方向旋转. 这种逆向思维的思想使得苏卫星最后成功发明了“两向旋转发电机”,其主要原理是定子转子以相反的方向旋转可以使它们的相对转速提高,继而提高整个发电机单位时间内切割磁感线的数量,最终提高发电机的输出功率. 经过实践证明,这种通过逆向思维获得的策略能使发电机的输出功率达到传统发电机的 3 倍以上. 也就是说用同样的发电成本可以使发电量提高两倍以上,这大大地降低了产品制造成本、提高了能源的利用率、节省了原材料、实现了节能减排和可持续发展,且具有极大的经济利益.

3.2 建立矛盾问题的可拓模型

根据对此案例的目标和条件的分析,设传统发电机的输出功率为 aW ,建立该问题的可拓模型为

$$P = G * L = \left[\begin{array}{cc} \text{提 高,} & \text{支配对象,} \\ & \text{接受对象,} \end{array} \begin{array}{c} \text{输出功率} \\ \text{发电机 } D \\ \text{程 度,} \end{array} \begin{array}{c} [2a, +\infty) W \end{array} \right] * \left[\begin{array}{cc} \text{发电机 } D, & \text{类 型,} \\ & \text{发电方式,} \\ & \text{定子运动情况,} \\ & \text{转子运动情况,} \\ & \text{发电功率,} \end{array} \begin{array}{c} \text{传统型} \\ \text{单 向} \\ \text{不转动} \\ \text{顺时针转动} \\ aW \end{array} \right].$$

取评价特征为 c_0 = 输出功率,即 c_0 是条件 L 关于目标中接受对象所要求的特征,其量值的正域为 $X_0 = [2a, +\infty)$.

记
 $G_0 = (\text{发电机 } D_0, \text{发电功率 } c_0, [2a, +\infty) W)$,
 $L_0 = (\text{发电机 } D, \text{发电功率 } c_0, a W)$,
则问题 P 的核问题的可拓模型为
 $P_0 = G_0 * L_0 =$
 $(\text{发电机 } D_0, \text{发电功率 } c_0, [2a, +\infty) W) * (\text{发电机 } D, \text{发电功率 } c_0, a W).$

以 X_0 为正域,建立可拓集

$\tilde{E}(T) = \{(u, y, y') \mid u \in U, y = k(x) \in \mathfrak{R}; T_u u \in T_0 U, y' = T_K K(T_u u) \in \mathfrak{R}\}$,
则该问题的相容度函数为 $k(x) = x - 2a$.

显然,当 $x = c_0(D) < 2a$ 时, $K(P_0) = k(x) < 0$,说明问题 P 为不相容问题,也就是说在现有的条件下,即 $K(P_0) = k(x_0) = -a < 0$,是无法使发电机输出功率达到传统发电机的两倍以上.

3.3 实施逆向变换,获得逆向策略

由于此问题目标明确,即使发电机的输出功率达到原发电机的两倍以上,因此需要从条件出发,对条件利用逆向策略生成方法获得满意策略.从发电机的设计入手,发明家苏卫星运用逆向思维使发电机转子和定子同时相对旋转,来增加发电机在单位时间内切割磁力线的数目.1994年,经过不断尝试、刻苦专研,苏卫星终于发明了两向旋转发电机,这种发电机的输出功率可达到传统发电机的3倍以上.

原问题的条件基元为

$$L = \begin{bmatrix} \text{发电机 } D, & \text{类 型,} & \text{传统型} \\ \text{发电方式,} & & \text{单 向} \\ \text{定子运动情况,} & & \text{不转动} \\ \text{转子运动情况,} & & \text{顺时针转动} \\ \text{发电功率,} & & aW \end{bmatrix}.$$

对 L 实施逆向变换 φ 可得

$$\varphi L = L' = \begin{bmatrix} \text{发电机 } D, & \text{类 型,} & \text{传统型} \\ \text{发电方式,} & & \text{单 向} \\ \text{定子运动情况,} & & \text{转 动} \\ \text{转子运动情况,} & & \text{顺时针转动} \\ \text{发电功率,} & & aW \end{bmatrix}.$$

则原问题的可拓模型变为

$$P' = G * L' = \begin{bmatrix} \text{提 高,} & \text{支配对象,} & \text{输出功率} \\ & \text{接受对象,} & \text{发电机 } D \\ & \text{程 度,} & [2a, +\infty)W \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \text{发电机 } D, & \text{类 型,} & \text{传统型} \\ \text{发电方式,} & & \text{单 向} \\ \text{定子运动情况,} & & \text{转 动} \\ \text{转子运动情况,} & & \text{顺时针转动} \\ \text{发电功率,} & & aW \end{bmatrix}.$$

此时还无法评价对 L 实施逆向变换 φ 获得的逆向策略能否使发电机的输出功率达到 $[2a, +\infty)W$,因此必须对转动作发散分析,即

转动 - 1 $\begin{cases} \text{顺时针转动} \\ \text{逆时针转动} \end{cases}$.

接下来,利用发散分析得到的新量值对 L' 实施置换变换 φ' 可得

$\varphi' L' = \{L'', L'''\}$, 其中

$$L'' = \begin{bmatrix} \text{发电机 } D', & \text{类 型,} & \text{传统型} \\ & \text{发电方式,} & \text{单 向} \\ & \text{定子运动情况,} & \text{逆时针转动} \\ & \text{转子运动情况,} & \text{顺时针转动} \\ & \text{发电功率,} & aW \end{bmatrix},$$
$$L''' = \begin{bmatrix} \text{发电机 } D', & \text{类 型,} & \text{传统型} \\ & \text{发电方式,} & \text{单 向} \\ & \text{定子运动情况,} & \text{顺时针转动} \\ & \text{转子运动情况,} & \text{顺时针转动} \\ & \text{发电功率,} & aW \end{bmatrix}.$$

由于事物之间的相关性,置换变换 φ' 将引起对 L'' 和 L''' 的传导变换,即

$T_\varphi L'' = {}_1L'' = \begin{bmatrix} \text{发电机 } D', & \text{类 型,} & \text{新 型} \\ & \text{发电方式,} & \text{双 向} \\ & \text{定子运动情况,} & \text{逆时针转动} \\ & \text{转子运动情况,} & \text{顺时针转动} \\ & \text{发电功率,} & [3a, +\infty)W \end{bmatrix},$
$$T_\varphi L''' = {}_1L''' = \begin{bmatrix} \text{发电机 } D', & \text{类 型,} & \text{新 型} \\ & \text{发电方式,} & \text{单 向} \\ & \text{定子运动情况,} & \text{顺时针转动} \\ & \text{转子运动情况,} & \text{顺时针转动} \\ & \text{发电功率,} & (0, a)W \end{bmatrix}.$$

于是,就获得了两个策略,即发电机的定子和转子同时顺时针转动,或者定子逆时针转动、转子顺时针转动.

(1) 当发电机的定子和转子同时顺时针转动时,即 $T_\varphi L'' = {}_1L''$,此时原核问题变为

$$P'_0 = G_0 * L'_0 = (\text{发电机 } D, \text{发电功率 } c_0, [2a, +\infty)W) * (\text{发电机 } D', \text{发电功率 } c_0, (0, a)W).$$

显然, $x' \in (0, a)$,问题 P' 的相容度为 $K(P'_0) = x' - 2a \leq 0$ 始终成立,也就是说,当转子、定子同时顺时针转动时,发电机的相对转速将会更低,甚至为零,这样会使得发电机在单位时间内切割磁力线减少或为零,最终导致发电机的发电功率减小或为零.此策略无法达成目标,甚至还会起负作用,故舍去.

(2) 当发电机的定子逆时针转动,同时转子顺时针转动,即 $T_\varphi L''' = {}_1L'''$,此时原核问题变为

$$P''_0 = G_0 * L''_0 = (\text{发电机 } D, \text{发电功率 } c_0, [2a, +\infty)W) * (\text{发电机 } D', \text{发电功率 } c_0, [3a, +\infty)W).$$

此时 $x'' \in (3a, +\infty)$, 而问题 P'' 的相容度为 $K(P''_0) = x'' - 2a > 0$ 始终成立, 也就是说, 在不改变材质、能源、操作环境下, 通过将定子转子设计成以相反的方向旋转, 可以使它们相对转速提高, 继而使整个发电机单位时间内切割磁感线的数量提高, 最终使发电机的输出功率提高. 经过实践证明, 此逆向策略能够解决该矛盾问题, 使发电机的输出功率达到传统发电机的 3 倍以上.

4 结论

本文系统地从形式化、量化的角度, 结合矛盾问题的可拓模型和逆向思维的形式化模型对解决矛盾问题的逆向策略生成方法进行了研究, 并举例说明了该方法的可行性和有效性. 这一研究弥补了目前对非常规思维研究的形式化不足和操作性不强等缺陷, 促进了矛盾问题的智能化处理的发展, 同时也为逆向策略在管理科学、决策科学和人工智能等领域应用奠定了基础.

在现实生活中, 可以使用逆向策略生成方法帮助人们处理矛盾问题的案例有很多, 本文只是用了一个非常简单的例子来说明利用这种量化、形式化的逆向策略生成方法解决矛盾问题的优点, 在接下来的研究中将会结合可拓策略生成方法与转换桥方法^[1,19]把逆向策略生成方法应用到更复杂的案例、更广泛的领域去帮助人们智能化处理矛盾问题, 同时也希望更多学者、教授研究策略生成形式化方法, 使其理论更加成熟、更具有应用价值.

参考文献:

[1] 杨春燕, 蔡文. 可拓工程[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

[2] 蔡文, 杨春燕, 何斌. 可拓逻辑初步[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[3] 高立胜, 毛世英. 逆反思维: 一种重要的思维方式[J]. 北京师范大学学报: 社会科学版, 1994(6): 78-83.

Gao Li-sheng, Mao Shi-ying. Reverse thinking: an important thinking way[J]. Journal of Beijing Normal University: Social Sciences, 1994(6): 78-83.

[4] 刘汉民. 论逆向思维[J]. 重庆工学院学报, 2005, 19(9): 96-100.

Liu Han-min. On reverse thinking [J]. Journal of Chongqing Institute of Technology, 2005, 19(9): 96-100.

[5] 邹广天. 建筑设计创新与可拓思维模式[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(7): 1120-1123.

Zou Guang-tian. Innovation of architectural and extension thinking modes [J]. Journal of Harbin Institute of Technol-

ogy, 2006, 38(7): 1120-1123.

[6] 连菲. 可拓建筑策划的基本理论与应用方法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学建筑学院, 2010.

[7] 沈仁广. 谈如何表述一个命题的逆命题[J]. 中小学数学·初中版. 2009(1-2): 81-85.

Shen Ren-guang. How to describe a proposition of a converse proposition [J]. Junior High School Mathematics, 2009(1-2): 81-85.

[8] 刘汉民. 论逆向思维在企业管理与经营中的运用[J]. 生产力研究, 2007(16): 125-126.

Liu Han-min. Reverse thinking in business management and operation [J]. Productivity Research, 2007(16): 125-126.

[9] 陈宝英. 逆反思维是企业经营主体决策的重要思维形式[J]. 沿海企业与科技, 2008(2): 79-80.

Chen Bao-ying. Reverse thinking is an important thinking model for business decision-making [J]. Coastal Enterprises and Science & Technology, 2008(2): 79-80.

[10] 邓明然, 叶建木, 桂萍. 逆向思维与管理创新[J]. 武汉理工大学学报: 信息与管理工程版, 2001, 23(2): 46-48.

Deng Ming-ran, Ye Jian-mu, Gui Ping. Adverse thought and management innovation [J]. Journal of Wut: Information & Management Engineering, 2001, 23(2): 46-48.

[11] 晓吾. 逆反策略在企业营销中的应用[J]. 经营者管理. 1994(6): 32-33.

Xiao Wu. Reversed strategies in the application of corporate marketing [J]. Operators Management, 1994(6): 32-33.

[12] 胡飞航. 市场营销中的逆向思维[J]. 商业研究, 2007(9): 173-174.

Hu Fei-hang. Adverse thinking in marketing [J]. Commercial Research, 2007(9): 173-174.

[13] 王春燕. 逆向思维在服装设计中的运用[J]. 科技信息, 2008(2): 150, 210.

Wang Chun-yan. Reverse thinking in the application of clothing design [J]. Science & Technology Information, 2008(2): 150, 210.

[14] 高秦艳, 黄长生. 包装设计中的逆向思维[J]. 包装工程. 2012, 33(20): 12-16.

Gao Qin-yan, Huang Chang-sheng. Discussion on the reverse thinking in packaging design [J]. Packaging Engineer, 2012, 33(20): 12-16.

[15] 何自然. 论外语教学的逆向思维[J]. 外语界, 2004(6): 2-6.

He Zi-ran. Reverse thinking of foreign language teaching [J]. Foreign Language World, 2004(6): 2-6.

- [12] Omidian H, Hashemi S A, Sammes P G, et al. A model for the swelling of superabsorbent polymers. *Polymer*. 1998, 39(26): 6697-6704.
- [13] Kabiri K, Zohuriaan-Mehr M J. Superabsorbent hydrogel composites. *Polymers for Advanced Technologies*. 2003, 14(6): 438-444.
- [14] 黄凯兵,肖侠,陈振华,等. 喷雾干燥法制备微米-纳米复合结构高吸油树脂中空微球[J]. *功能材料*, 2009, (8): 1398-1402.
Huang K B, Xiao X, Chen Z H, et al. Preparation of hollow highly oil absorption resin with the micro-and nano-multiple structures by spray drying[J]. *Journal of Functional Materials*, 2009, (8): 1398-1402.
- [15] 周晓明. EPDM 基吸油树脂型相变蓄能材料的制备与性能[J]. *塑料工业*, 2012, 40(6): 110-112.
Zhou X M. Preparation and property of oil-absorbing resin based on EPDM as phase change materials[J]. *China Plastics Industry*, 2012, 40(6): 110-112.
- [16] 魏徽,余红伟,王源升,等. 吸油树脂的结构及性能[J]. *合成树脂及塑料*, 2011, 28(6): 55-58.
Wei W, Yu H W, Wang Y S, et al. Structure and properties of the oil-absorbing resin[J]. *China Synthetic Resin and Plastics*, 2011, 28(6): 55-58.
- [17] 文善雄,刘光利,赵保全,等. 高吸油树脂的合成及回收利用研究[J]. *化工新型材料*, 2011, 39(8): 122-124.
Wen S X, Liu G L, Zhao B Q, et al. Research of synthesis and reutilization of high oil absorbing resin[J]. *New Chemical Materials*, 2011, 39(8): 122-124.
- [18] Chang C, Duan B, Cai J, et al. Superabsorbent hydrogels based on cellulose for smart swelling and controllable delivery. *European Polymer Journal*. 2010, 46(1): 92-100.
- [19] Hua S, Wang A. Synthesis, characterization and swelling behaviors of sodium alginate-g-poly(acrylic acid)/sodium humate superabsorbent. *Carbohydrate Polymers*. 2009, 75(1): 79-84.
-

(上接第 25 页)

- [16] 柳键. 供应链的逆向物流[J]. *商业经济与管理*, 2002(6): 11-13.
Liu Jian. Reverse logistics of supply chain[J]. *Business Economics and Administration*, 2002(6): 11-13.
- [17] 杨春燕,李卫华,李小妹. 矛盾问题智能化处理的理论与方法研究进展[J]. *广东工业大学学报*, 2011, 28(1): 86-93.
Yang Chun-yan, Li Wei-hua, Li Xiao-mei. Recent research progress in theories and methods for the intelligent disposal of contradictory problems[J]. *Journal of Guangdong University of Technology*, 2011, 28(1): 86-93.
- [18] 杨春燕,蔡文. 可拓集中关联函数的研究进展[J]. *广东工业大学学报*, 2012, 29(2): 7-13.
Yang Chun-yan, Cai Wen. Recent research progress in dependent functions in extension sets[J]. *Journal of Guangdong University of Technology*, 2012, 29(2): 7-13.
- [19] 李卫华. 利用知网增强可拓策略生成机制研究[J]. *广东工业大学学报*, 2013, 30(2): 1-6.
Li Wei-hua. Research on taking advantage of the HowNet to enhance mechanisms of extension strategy generation[J]. *Journal of Guangdong University of Technology*, 2013, 30(2): 1-6.