

1 基于可变模糊集的对立统一、质量互变与否定的否定定理

1.1 对立模糊集定义

设论域 U 中的任意元素 u 的对立模糊概念(事物、现象)或 u 对立的基本模糊属性,以 $\underline{A}$ 与 $\underline{A}^c$ 表示. 在参考连续统^[5] 区间 $[1,0]$ (对 $\underline{A}$) 与 $[0,1]$ (对 $\underline{A}^c$) 的任一点上,对立模糊属性的相对隶属度分别为 $\mu_{\underline{A}}(u)$ 、 $\mu_{\underline{A}^c}(u)$,且

$$\mu_{\underline{A}}(u) + \mu_{\underline{A}^c}(u) = 1,$$
$$0 \leq \mu_{\underline{A}}(u) \leq 1, 0 \leq \mu_{\underline{A}^c}(u) \leq 1$$

(1)

令

$$\underline{A} = \{u, \mu_{\underline{A}}(u), \mu_{\underline{A}^c}(u) \mid u \in U\}$$

(2)

$\underline{A}$ 称为 u 的对立模糊集. 见图 1.

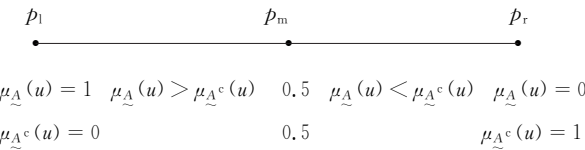


图 1 对立模糊集 $\underline{A}$ 与对立统一定理示意图

Fig. 1 Sketch map of opposite fuzzy sets $\underline{A}$ and theorem of unity of opposites

1.2 对立统一定理

在参考连续统区间 $[1,0]$ (对 $\mu_{\underline{A}}(u)$)、 $[0,1]$ (对 $\mu_{\underline{A}^c}(u)$) 的左、右端点 p_l 与 p_r 之间,必存在确定的中介点 p_m ,该点的对立模糊概念或对立基本属性的相对隶属度相等, p_m 称为渐变式质变点,即

$$\mu_{\underline{A}}(u) = \mu_{\underline{A}^c}(u) = 0.5$$

(3)

p_l 与 p_r 称为突变式质变点,其中 p_l 为爆发式突变点, p_r 为非爆发式突变点.

证明 从 p_l 点 $\mu_{\underline{A}}(u) = 1, \mu_{\underline{A}^c}(u) = 0$ 变化到 p_r 点 $\mu_{\underline{A}}(u) = 0, \mu_{\underline{A}^c}(u) = 1$,其间必经过 $\mu_{\underline{A}}(u) = 0.5$ 的中介点 p_m . 由于 $\mu_{\underline{A}}(u) + \mu_{\underline{A}^c}(u) = 1$,故 p_m 点同时具有 $\mu_{\underline{A}^c}(u) = 0.5$. 在线段 $p_l p_m$ 间 $\mu_{\underline{A}}(u) > \mu_{\underline{A}^c}(u)$,在线段 $p_m p_r$ 间 $\mu_{\underline{A}}(u) < \mu_{\underline{A}^c}(u)$,则中介点 p_m ($\mu_{\underline{A}}(u) = \mu_{\underline{A}^c}(u) = 0.5$) 必为渐变式质变点,即对立统一矛盾性质的转化点,如图 1 所示.

设

$$D(u) = \mu_{\underline{A}}(u) - \mu_{\underline{A}^c}(u)$$

(4)

当 $\mu_{\underline{A}}(u) > \mu_{\underline{A}^c}(u), 0 < D(u) \leq 1$; 当 $\mu_{\underline{A}}(u)$

$$= \mu_{\underline{A}^c}(u), D(u) = 0; \text{ 当 } \mu_{\underline{A}}(u) < \mu_{\underline{A}^c}(u), -1 \leq D(u) < 0.$$
$$D(u) \text{ 称为 } u \text{ 对 } \underline{A} \text{ 的相对差异度. 映射}$$
$$D: U \rightarrow [-1, 1]$$
$$u \mapsto D(u) \in [-1, 1]$$

(5)

称为 u 对 $\underline{A}$ 的相对差异函数. 如图 2 所示.

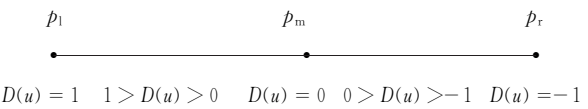


图 2 相对差异函数示意图

Fig. 2 Sketch map of relative difference function

相对差异函数表示了参考连续统数轴上任意一点 $\mu_{\underline{A}}(u)$ 与 $\mu_{\underline{A}^c}(u)$ 的相对差值,即对立模糊概念或对立基本模糊属性程度的差异. $D(u) = 0$ 的 p_m 点表示了对立双方或对立基本模糊属性达到动态平衡即渐变式质变点; $D(u) = 1, -1$ 的点 p_l, p_r 表示了对立双方达到突变式质变点.

1.3 质量互变定理

设 $D(u)$ 为论域 U 中元素 u 对 $\underline{A}$ 的相对差异函数, $D(u) \neq 0$, 对 u 作变换 C , 变换后的相对隶属函数与相对差异函数为 $\mu_{\underline{A}}(C(u))$ 、 $\mu_{\underline{A}^c}(C(u))$ 与 $D(C(u))$, $D(C(u)) = \mu_{\underline{A}}(C(u)) - \mu_{\underline{A}^c}(C(u))$.

(1) 如有不等式

$$D(u) \cdot D(C(u)) < 0; D(C(u)) \neq 1, 0, -1$$

(6)

则为渐变式质变.

(2) 如有等式

$$D(u) \cdot D(C(u)) = \pm D(u)$$

(7)

则为突变式质变.

(3) 如有等式

$$D(u) \cdot D(C(u)) = 0$$

(8)

则变化至动态平衡点,或渐变式质变的临界点,系统处于动态平衡状态.

(4) 如有不等式

$$D(u) \cdot D(C(u)) > 0; D(C(u)) \neq 1, 0, -1$$

(9)

则为量变(证明略).

渐变式质变不等式(6)、突变式质变等式(7)与渐变式质变点等式(8)称为质变定理,量变不等式(9)称为量变定理,两者统称为质量互变定理. 它以严密的数学定理表示了唯物辩证法中三大规律之一的质量互变规律.

1.4 否定的否定定理

由图 2 可见, $D(u)$ 从 1 变化到 -1 为一个周期, 设有 n 个变化周期.

(1) 设变化前初始状态在 p_1 点($\tilde{A}$), $D(u) = 1$
若变化为一个周期($n = 1$), 变化后终了状态在 p_r 点($\tilde{A}^c$) 即否定, 有 $D(C(u)) = -1$, 则

$$D(u) \cdot D(C(u)) = 1 \cdot (-1) = -1 = (-1)^1$$

若变化为两个周期($n = 2$), 变化后终了状态在 p_1 点($\tilde{A}^c$) 即否定的否定, 有 $D(C(u)) = 1$, 则

$$D(u) \cdot D(C(u)) = 1 \cdot 1 = (-1)^2$$

若变化为 n 个周期, 变化后终了状态在 p_r 或 p_1 点, 即 n 次否定($\tilde{A}^{c \cdots c}$) ($c \cdots c$ 有 n 个 c). 则有

$$D(u) \cdot D(C(u)) = (-1)^n \tag{10}$$

(2) 设变化前初始状态在 p_r 点($\tilde{A}^c$), $D(u) = -1$

类似地, 当变化为 n 个周期, 同样有等式 (10).

无论变化前的初始状态为 $D(u) = 1$ 或 -1 , 均有等式 (10). 当 $n = 2$ 时, 对应于唯物辩证法哲学中否定的否定规律. 故否定的否定定理可表示为

$$D(u) \cdot D(C(u)) = 1 \tag{11}$$

2 水资源系统可变模糊集评价原理与模型

2.1 基本原理

(1) 设水资源系统待评对象 u , 根据已知的多个级别 h ($h = 1, 2, \cdots, c$; c 为级别总数, 对应于式 (10) 中 $n = c$) 多个指标 (影响因素) i ($i = 1, 2, \cdots, m$; m 为评价指标总数, 相当于 m 对矛盾) 的指标标准值矩阵

$$Y = \begin{pmatrix} \leq a_{12} & [a_{12}, b_{12}] & \cdots & [a_{1(c-1)}, b_{1(c-1)}] & \geq b_{1(c-1)} \\ \leq a_{22} & [a_{22}, b_{22}] & \cdots & [a_{2(c-1)}, b_{2(c-1)}] & \geq b_{2(c-1)} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \leq a_{m2} & [a_{m2}, b_{m2}] & \cdots & [a_{m(c-1)}, b_{m(c-1)}] & \geq b_{m(c-1)} \end{pmatrix} \tag{15}$$

或

$$Y = \begin{pmatrix} \geq a_{12} & [a_{12}, b_{12}] & \cdots & [a_{1(c-1)}, b_{1(c-1)}] & \leq b_{1(c-1)} \\ \geq a_{22} & [a_{22}, b_{22}] & \cdots & [a_{2(c-1)}, b_{2(c-1)}] & \leq b_{2(c-1)} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \geq a_{m2} & [a_{m2}, b_{m2}] & \cdots & [a_{m(c-1)}, b_{m(c-1)}] & \leq b_{m(c-1)} \end{pmatrix} \tag{16}$$

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1c} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2c} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mc} \end{pmatrix} = (y_{ih});$$
$$i = 1, 2, \cdots, m, \quad h = 1, 2, \cdots, c \tag{12}$$

进行评价.

根据可变模糊集的对立统一定理, 水资源系统可变模糊评价基本原理是: 在已知级别 h 指标 i 相对隶属度等于 1 的指标标准值矩阵 Y 的情况下, 级别 h 与 $(h+1)$ 的物理概念, 构成对立模糊概念或对立的基本模糊属性, 有

$$\mu_{ih}(u) + \mu_{i(h+1)}(u) = 1 \tag{13}$$

式中 $\mu_{ih}(u)$ 、 $\mu_{i(h+1)}(u)$ 分别表示待评对象 u 指标 i 对级别 h 与 $(h+1)$ 的相对隶属度.

设待评对象 u 指标 i 的特征值 x_i 落入 h 与 $(h+1)$ 级相对隶属度为 1 的矩阵的标准值区间 $[y_{ih}, y_{i(h+1)}]$ 内, 则 x_i 对 h 级的相对隶属度为

$$\mu_{ih}(u) = \frac{y_{i(h+1)} - x_i}{y_{i(h+1)} - y_{ih}}; h = 1, 2, \cdots, c-1 \tag{14}$$

满足

① 当 $x_i = y_{ih}$ 时, $\mu_{ih}(u) = 1$, 由式 (13) 得 $\mu_{i(h+1)}(u) = 0$

② 当 $x_i = y_{i(h+1)}$ 时, $\mu_{ih}(u) = 0$, 由式 (13) 得 $\mu_{i(h+1)}(u) = 1$

③ 当 $x_i = \frac{y_{ih} + y_{i(h+1)}}{2}$ 时, $\mu_{ih}(u) = 0.5$, 由式 (13) 得 $\mu_{i(h+1)}(u) = 0.5$

可见式 (14) 满足可变模糊集的对立统一定理.

应用式 (14) 可以计算待评对象 u 指标 i 的特征值 x_i 对级别 h 的相对隶属度.

(2) 设水资源系统待评对象 u , 根据已知的多个级别 h 、多个指标 i 的指标标准区间矩阵

进行评价. 式中 a_{ih} 、 b_{ih} 分别为级别 h 指标 i 标准值区间的上、下限值. 式(15) 相当于越小越优型指标, $a_{ih} < b_{ih}$, $h = 2, 3, \dots, c-1$; 式(16) 相当于越大越优型指标, $a_{ih} > b_{ih}$, $h = 2, 3, \dots, c-1$. 此时可以将式(15)、(16) 转化为指标标准值向量式(12), 即令

$$\begin{aligned} y_{i1} &= a_{i2} \\ y_{ih} &= \frac{a_{ih} + b_{ih}}{2}; \quad h = 2, 3, \dots, c-1 \\ y_{ic} &= b_{i(c-1)} \end{aligned} \tag{17}$$

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} [a_{11}, b_{11}] & [a_{12}, b_{12}] & \cdots & [a_{1(c-1)}, b_{1(c-1)}] & [a_{1c}, b_{1c}] \\ [a_{21}, b_{21}] & [a_{22}, b_{22}] & \cdots & [a_{2(c-1)}, b_{2(c-1)}] & [a_{2c}, b_{2c}] \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ [a_{m1}, b_{m1}] & [a_{m2}, b_{m2}] & \cdots & [a_{m(c-1)}, b_{m(c-1)}] & [a_{mc}, b_{mc}] \end{bmatrix} \tag{18}$$

进行评价. 此时同样可将式(18) 转化为指标标准值向量式(12), 即令

$$\begin{aligned} y_{i1} &= a_{i1} \\ y_{ih} &= \frac{a_{ih} + b_{ih}}{2}; \quad h = 2, 3, \dots, c-1 \\ y_{ic} &= b_{ic} \end{aligned} \tag{19}$$

应用式(14) 计算 x_i 对级别 h 的相对隶属度.

2.2 待评对象 u 对级别 h 的综合相对隶属度模型

根据式(14) 计算得到的指标 i 对级别 h 的相对隶属度 $\mu_{ih}(u)$ 是单指标相对隶属度. 水资源系统是多指标综合评价问题, 设已知指标权重向量为

$$\mathbf{W} = (\omega_1 \quad \omega_2 \quad \cdots \quad \omega_m) = (\omega_i); \quad \sum_{i=1}^m \omega_i = 1 \tag{20}$$

设 p_i 点是指标 i 在对立统一定理所示的图 1 中所处的点位(见图 3).

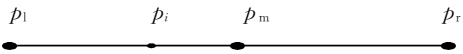


图 3 指标 i 在对立统一定理图示中的点位 p_i
Fig. 3 The point position p_i of the index i in the sketch map of theorem of unity of opposites

设对级别 h 点位 p_i 与 p_1 、 p_r 两端的多指标广义权距离为

$$\begin{aligned} d_h(p_1, p_i) &= \left(\sum_{i=1}^m [\omega_i (1 - \mu_{ih}(u))]^p \right)^{\frac{1}{p}} \tag{21} \\ d_h(p_i, p_r) &= \left(\sum_{i=1}^m [\omega_i (1 - \mu_{i(h+1)}(u))]^p \right)^{\frac{1}{p}} = \end{aligned}$$

对越小越优型指标 i , 当 $x_i < a_{i2}$ 时, $\mu_{i1}(u) = 1$; 当 $x_i > b_{i(c-1)}$ 时, $\mu_{ic}(u) = 1$.

对越大越优型指标 i , 当 $x_i > a_{i2}$ 时, $\mu_{i1}(u) = 1$; 当 $x_i < b_{i(c-1)}$ 时, $\mu_{ic}(u) = 1$.

然后再应用式(14) 计算 x_i 对级别 h 的相对隶属度.

(3) 设水资源系统待评对象 u , 根据已知的多个级别 h 、多个指标 i 的指标标准区间矩阵

$$\left\{ \sum_{i=1}^m [\omega_i \mu_{ih}(u)]^p \right\}^{\frac{1}{p}} \tag{22}$$

式中: p 为距离参数, $p = 1$ 为海明距离, $p = 2$ 为欧氏距离.

若待评对象 u 对级别 h 的多指标综合相对隶属度以 $\nu_h(u)$ 表示, 设

$$\nu_h(u) = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_h(p_1, p_i)}{d_h(p_i, p_r)} \right)^\alpha} \tag{23}$$

式中 α 为优化准则参数, $\alpha = 1$ 相当于最小一乘法, $\alpha = 2$ 相当于最小二乘法.

满足

(1) 当 p_i 与 p_1 重合时, $\mu_{ih}(u) = 1, d_h(p_1, p_i) = 0, \nu_h(u) = 1$.

(2) 当 p_i 与 p_r 重合时, $\mu_{i(h+1)}(u) = 1, d_h(p_i, p_r) = 0, \nu_h(u) = 0$.

(3) 当 p_i 与 p_m 重合时, $\mu_{ih}(u) = \mu_{i(h+1)}(u) = 0.5, d_h(p_1, p_i) = d_h(p_i, p_r), \nu_h(u) = 0.5$.

(4) 当 p_i 位于区段 $p_1 p_m$, 有 $d_h(p_1, p_i) < d_h(p_i, p_r)$, 按式(23) 有 $\nu_h(u) > 0.5$ 或 $\nu_{(h+1)}(u) > 0.5$.

(5) 当 p_i 位于区段 $p_m p_r$, 有 $d_h(p_1, p_i) > d_h(p_i, p_r)$, 按式(23) 有 $\nu_h(u) < 0.5$ 或 $\nu_{(h+1)}(u) < 0.5$.

由此可见, 式(23) 满足对立统一定理, 用于计算确定待评对象 u 对级别 h 的综合相对隶属度.

若采用优化准则参数 $\alpha = 1$, 距离参数 $p =$

1(即海明距离),式(23)变为

$$\nu_h(u) = \sum_{i=1}^m w_i \mu_{ih}(u) \tag{24}$$

式(24)是一个线性公式.如果考虑水资源系统综合评价为非线性系统,可采用 $\alpha = 1, p = 2$ (即欧氏距离),式(23)变为

$$\nu_h(u) = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m [w_i(1 - \mu_{ih}(u))]^2}{\sum_{i=1}^m [w_i \mu_{ih}(u)]^2}}} \tag{25}$$

这是一个非线性公式.

3 水资源陆海空协同系统可持续利用可变模糊集评价方法

3.1 确定待评地区 u 对可持续利用 $\tilde{A}$ 指标 i 的相对隶属度

首先建立待评地区 u 关于 $\tilde{A}$ 的评价指标集,然后根据 u 对可持续利用 $\tilde{A}$ 指标特征值向量 $(x_1 \ x_2 \ \cdots \ x_m)$,应用第 2 章中相关的模型,确定指标 x_i 对级别 h 的相对隶属度向量.

3.2 确定待评地区 u 对可持续利用 $\tilde{A}$ 的综合相对隶属度

若待评地区 u 对 $\tilde{A}$ 的多指标综合相对隶属度以 $\nu_h(u)$ 表示.在水资源陆海空协同系统可持续利用评价研究中,为了避免距离比值 $\frac{d(p_1, p_i)}{d(p_i, p_r)}$ 的缩放效应,宜取 $\alpha = 1$.如果水资源协同系统为线性系统可取距离参数 $p = 1$,如为非线性系统,可取 $p = 2$.

3.3 应用质量互变定理确定待评地区 u 对 $\tilde{A}$ 的综合相对差异度

当已确定待评地区 u 对 $\tilde{A}$ 的综合相对隶属度 $\nu_h(u)$,则可求得 u 对 $\tilde{A}$ 的综合相对差异度

$$D(u) = 2\nu_h(u) - 1 \tag{26}$$

如待评地区 u 可开发利用海水资源,拟定可开发利用的海水淡化量(含海水直接利用量),可得到在水资源陆海协同系统条件下, u 对 $\tilde{A}$ 的指标特征值向量 $(x_1 \ x_2 \ \cdots \ x_m \ \cdots \ x_{m+s})$, s 为条件变化后或利用海水后新增指标特征值数,即陆地水资源与海水资源协同系统的指标总数,由原来的 m 增为 $m + s$.

如果待评地区 u 可开发利用云水资源,拟定可开发利用的空中云水资源可利用量.根据国内外进行的人工增雨作业多年试验统计分析资料,增雨量一般可达到年雨量的 15%^[23].据此修改水资源陆地或陆海协同系统可持续利用的有关年降水量的指标特征值.

根据条件变化后的水资源协同系统的指标特征值,求解在水资源陆海空(或陆海、或陆空)协同系统条件下, u 对 $\tilde{A}$ 的综合相对隶属度 $\nu_h(c(u))$ 与综合相对差异度 $D(c(u))$:

$$D(c(u)) = 2\nu_h(c(u)) - 1 \tag{27}$$

应用质量互变定理对协同前、后水资源可持续利用状态作出分析.

如 $D(u) \cdot D(c(u)) > 0$ 表明在水资源陆海空(或陆海、或陆空)协同系统条件下, u 关于 $\tilde{A}$ 属于量变.如 $D(u) \cdot D(c(u)) < 0$,则为质变.

根据对 $D(u)$ 与 $D(c(u))$ 数值大小分析对比,可以得到水资源陆海空协同系统对待评地区 u 水资源可持续利用程度的有利发展态势.

上述内容构成水资源陆海空系统在协同条件下或在变化条件下水资源可持续利用的可变模糊集评价方法.

进入 21 世纪我国社会经济进一步快速发展,水资源供需矛盾更加突出,开发利用海水资源与云水资源,来增加我国水资源可利用总量,将是水资源系统可持续发展的必由之路.在我国水资源整体优化配置决策中,不可忽视沿海地区,特别是沿海重要城市开发利用海水淡化(包括海水直接利用)资源,来置换其他地区尤其是内陆地区水资源的战略思路.否则,就全国而言,将在整体上失去水资源优化配置的合理性.

4 对立统一与质量互变定理识别可拓学(物元分析)的数学与逻辑错误

作者在文献[7、11]中指出:可拓学存在数学与逻辑错误.本文应用对立统一与质量互变定理从唯物辩证法哲学层面来进一步识别可拓学的数学与逻辑错误.

《可拓工程方法》关于可拓集合的定义表述为“可拓集合则用取自 $(-\infty, \infty)$ 的实数来表示事物具有某种性质的程度,正数表示具有该性质的程度,负数表示不具有该性质的程度,零则表示既有

该性质又不具有该性质,如一只脚在门内,一只脚在门外的人属于‘门内的人’的集合的程度为零”^[21].

可拓学中根据关联函数 $K(u) = 0$ 定义,得到“一只脚在门内,一只脚在门外的人属于‘门内的人’的集合的程度为零.”的结论,是可拓学数学与逻辑错误的典型.现论述如下:

设某人(u)以体质量 w 为特征量, u 从“门内人”集合,即对门内人的隶属度 $\mu_{in}(u) = 1$ 、 $\mu_{out}(u) = 0$,或 $D(u) = 1$,转化为“门外人”集合过程中,当 u 跨向门槛, $w/2$ 在门内,另 $w/2$ 在门外(近似地认为,一只脚在门内,一只脚在门外),此时 u 具有门内人、门外人的隶属度各为 $(w/2)/w = 0.5$,或 $\mu_{in}(C(u)) = \mu_{out}(C(u)) = 0.5$,即处于动态平衡状态.根据对立统一定理,有 $D(C(u)) = \mu_{in}(C(u)) - \mu_{out}(C(u)) = 0$,显然此种状态不是可拓集合定义所谓的“属于‘门内的人’的集合的程度为零”,根据对立统一与质量互变定理式(8)应是 $D(u) \cdot D(C(u)) = 0$.显见,可拓学的可拓集合关联函数等于 0 或 $K(u) = 0$ 有误.“门内人”、“门外人”属于对称概念,可拓集合认为 u 属于“门内人”集合的程度为零,也就是认为 u 属于“门外人”集合的程度为零.因此,“一只脚在门内,一只脚在门外的人”在可拓集合关联函数 $K(u) = 0$ 或可拓集合零界概念的定义下,出现了这个“客观存在”的人“消失”了的逻辑矛盾,违背了形式逻辑中的不矛盾律.

可拓集合主观上给定所谓的形式化模型:关联函数 $K(u) > 0$ 、 $K(u) = 0$ 、 $K(u) < 0$ 作为事物具有性质 P 、既具有又不具有性质 P 、不具有性质 P 的判断准则,并由此给出可拓集合的数学定义,显然,可拓学不是从事物 u 变化的内因即内部矛盾 $\mu_{\underline{A}}(u)$ 与 $\mu_{\overline{A}}(u)$ 出发去研究矛盾的相互转化,割裂了事物矛盾运动变化过程中对立统一及其相互转化的内在联系,根据文中对立统一与质量互变定理,可见可拓学的数学基础可拓集合有违唯物辩证法对立统一与质量互变规律.从而出现了“一只脚在门内,一只脚在门外的人属于‘门内的人’的集合的程度为零”的常识性错误.作者在文献[7、11]中曾指出可拓学的另一类数学错误,即关联函数基本公式的错误,最近在文献[24]中又作了进一步证明,本文不再重述.

5 结 语

在唯物辩证法哲学论著中对立统一、质量互变与否定的否定规律都是以文字语言的方式表达,本文在哲学规律数学化研究方面开始实现马克思所说的那句“名言”,给出三大规律的严密的数学定理.

数学作为一门研究物质世界数量关系与空间形式的学科,是自然科学、工程科学中众多学科的基础.但长期以形式逻辑为学科体系的支柱,对于社会科学、人文科学中涉及较多辩证逻辑思维的学科,传统数学却常常显得无能为力.因此数学思维辩证化研究显得尤为重要,本文给出的唯物辩证法三大基本规律的数学定理,将辩证逻辑思维直接引入数学研究领域,为进一步建立新的数学——可变集奠定基础.

参考文献:

- [1] ZADEH L A. Fuzzy sets [J]. **Information and Control**, 1965, 8(3):338-353
- [2] 陈守煜. 论相对隶属度[J]. 大自然探索, 1993, 12(2):25-27
- [3] 陈守煜. 相对隶属度函数的系统辩证论哲学基础[J]. 系统辩证学学报, 1996, 4(2):26-29
- [4] CHEN Shou-yu. Relative membership function and new frame of fuzzy sets theory for pattern recognition [J]. **The Journal of Fuzzy Mathematics**, 1997, 5(2): 401-411
- [5] 陈守煜. 系统模糊决策理论与应用[M]. 大连:大连理工大学出版社, 1994
- [6] 陈守煜. 工程模糊集理论与应用[M]. 北京:国防工业出版社, 1998
- [7] 陈守煜. 工程可变模糊集理论与模型——模糊水文水资源学数学基础[J]. 大连理工大学学报, 2005, 45(2): 308-312
(CHEN Shou-yu. Theory and model of engineering variable fuzzy set-Mathematical basis for fuzzy hydrology and water resources [J]. **Journal of Dalian University of Technology**, 2005, 45(2):308-312)
- [8] 陈守煜. 可变模糊集理论的哲学基础 [J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2005, 26(1):53-57
- [9] 陈守煜. 水资源与防洪系统可变模糊集理论与方法 [M]. 大连:大连理工大学出版社, 2005
- [10] CHEN Shou-yu, GUO Yu. Variable fuzzy sets and

- its application in comprehensive risk evaluation for flood-control engineering system [J]. **Fuzzy Optimization and Decision Making**, 2006, **5**(2): 153-162
- [11] 陈守煜. 可变模糊集合理论——兼论可拓学的数学与逻辑错误 [J]. 大连理工大学学报, 2007, **47**(4): 620-624
(CHEN Shou-yu. Variable fuzzy sets theory-And on mathematical mistakes and logic errors in extenics theory [J]. **Journal of Dalian University of Technology**, 2007, **47**(4):620-624)
- [12] 陈守煜. 可变模糊集合理论与可变模型集[J]. 数学的实践与认识, 2008, **38**(18):146-153
- [13] 陈守煜. 可变模糊集量变与质变判据模式及其应用 [J]. 系统工程与电子技术, 2008, **30**(10): 1879-1882
- [14] 陈守煜. 基于可变模糊集的质变与量变定理——兼论集对分析 [J]. 数学的实践与认识, 2009, **39**(11):195-201
- [15] 陈守煜. 可变模糊集理论与模型及其应用[M]. 大连:大连理工大学出版社, 2009
- [16] 艾思奇. 辩证唯物主义历史唯物主义[M]. 北京:人民出版社, 1962
- [17] 陈守煜. 模糊水文学与水资源系统模糊优化原理 [M]. 大连:大连理工大学出版社, 1990
- [18] 陈守煜. 工程水文水资源系统模糊集分析理论与实践[M]. 大连:大连理工大学出版社, 1998
- [19] 陈守煜. 论 21 世纪我国水资源开发利用的陆海空协同系统[J]. 水利学报, 2006, **37**(11):1403-1406
- [20] 陈守煜. 气候变化对水资源影响评估的可变模糊集途径[C] // 中国水利学会水资源专业委员会 2009 年学术年会论文集. 大连:大连理工大学出版社, 2009
- [21] 蔡文,杨春燕,林伟初. 可拓工程方法[M]. 北京:科学出版社, 1997
- [22] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京:科学技术文献出版社, 1994
- [23] 张尧旺,朱歧武,李伟佩. 人工增雨增加黄河径流量的可能性初探 [J]. 水利规划与设计, 2005(3): 28-29
- [24] 陈守煜,韩晓军. 松花江水环境质量评价模糊可变集合工程方法[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2009, **41**(10):134-137

Three mathematical theorems of dialectics based on variable fuzzy sets and their application

CHEN Shou-yu*

(Faculty of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: Dialecticization of mathematical thinking and mathematicization of philosophical law are forefront research propositions in the area of mathematics and philosophy. Based on the variable fuzzy set theory, the theorems of unity of opposites, mutual change of quality and quantity and negation of negation are firstly put forward. They break through long-term problems that rigorous mathematical theorems were used to express three dialectical philosophical laws of materialistic dialectics of unity of opposites, mutual change of quality and quantity and negation of negation. The theorems are applied to assessment of water resources system, which includes collaborative system of land, sea and sky, and the variable fuzzy sets' principle and model about the assessment of water resources system are proposed. Finally, the theorems are used to identify mathematical and logic errors in extenics (matter-element analysis).

Key words: variable fuzzy set; theorem of unity of opposites; theorem of mutual change of quality and quantity; theorem of negation of negation; water resources system assessment; extenics