

可拓检测技术

余永权

(广东工业大学 计算机学院, 广州 510080)

[摘要] 检测技术是目前多种学科的关键技术, 检测中有两个难题: 一个是无法检测的问题, 另一个是检测精度提高的问题。基于可拓学矛盾转化的思想方法, 提出了一种与传统检测技术不同的新技术——可拓检测, 这种检测技术利用可拓学的物元概念及相关方法, 从矛盾转化去研究检测技术, 以解决无法检测的物理量检测问题。文章给出了可拓检测的有关概念, 基本原理及结构, 并且提出了有关的实施方法和应用实例。

[关键词] 可拓检测; 可拓学; 物元变换

1 前言

信息的检测是信息处理的前提, 在自动控制系统、图像处理、模式识别、目标跟踪、医疗诊断等各种领域有着十分重要和广泛的应用, 也是信息学科前沿的研究课题之一。

信息的检测是基于信息可测的基点上, 而目前信息可测直接依赖于传感器和环境条件。J. McGhee 等人把传感器分成 8 类^[1], 国际上工程界还把传感器技术列为 20 世纪 90 年代的 22 项关键技术之一, 其目的都在于解决信息检测有关问题。在信息检测中, 单一传感器精度的提高已相当困难, 传感器的误报和失效也会招致系统的失败。故人们提出数据融合的方法^[2], 把来自多传感器的信息进行综合处理, 以取得可靠或更精确的信息。较为出色的是由 R. C. Luo, O. Kessler, D. Hall 等人提出的 JDL 模型, 但由于模型的融合过程受数据性质、推理模型、约束条件等影响, 对精度的稳定仍未能取得理想结果, 至今尚未见重大突破^[3~6]。信息无法检测的问题仍然存在。

信息无法检测有两种情况: 一种是没有相应的传感器; 另一种是在某种环境中无法应用相应传感器。这两种问题以传统方法是难以解决的。

可拓学是研究矛盾问题的学科^[7, 8], 本研究的创意在于利用可拓学的矛盾转化方法来研究检测技术, 这是一种异于传统的新方法。其目的在于解决检测的两个问题: a. 实现对无法检测信息的正常检测, b. 提高检测信息的精确性。

2 可拓检测的基本概念及原理

2.1 基本概念

可拓检测的基本原理基于物元概念^[7], 最重要的是可测物元和不可测物元。

定义 1 存在物元 $R = (N, c, v)$, 其中 N 为事物, c 为特征, v 为特征量值; 如果事物特征的量值可以用现存的传感器检测出来, 则称该物元 R 是可测物元。

定义 2 存在 n 维物元 R

$$R = \begin{bmatrix} N, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_n \end{bmatrix},$$

其中 N 为事物, $c_k, k = 1, \dots, n$, 为事物特征, $v_k, k = 1, \dots, n$ 为特征量值, 如果特征的量值可以用现存的传感器检测出来, 则称该 n 维物元 R

[收稿日期] 2000-11-08; 修回日期 2001-01-19

[基金项目] 广东省自然科学基金资助项目 (980406)

[作者简介] 余永权 (1947-), 男, 广东台山市人, 广东工业大学教授

为 n 维可测物元。

定义 3 存在物元 $R = (N, c, v)$ ，其中： N 为事物， c 为特征， v 为特征量值。如果事物特征量值不能用现存的传感器检测出来，则称该物元是不可测物元。

定义 4 存在 m 维物元 R

$$R = \begin{bmatrix} N, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_m, & v_m \end{bmatrix},$$

其中： N 为事物， c_l 为事物特征， v_l 为特征量值， $l=1, \dots, m$ ，如果特征的量值不能用现存的传感器检测出来，则称该物元 R 为 m 维不可测物元。

在实际中，对于同一个事物，它具有多种特征，有的特征量值是可以传感器检测出来的，有的特征量值是不能用传感器检测出来的，故在同一个事物中存在可测物元和不可测物元。可拓检测技术是利用事物自身的可测物元，通过可拓变换求出不可测物元，从而解决不可测信息的检测问题。

定义 5 在检测过程中，被检测的物元称为目标物元。

目标物元可以是可测物元，也可以是不可测物元。在可拓检测中，目标物元通常是不可测物元。

2.2 基本原理

可拓检测的功能模型如图 1 所示。它包括下列 4 个层次和环节：物元检测，物元变换，物元聚焦，物元显影。

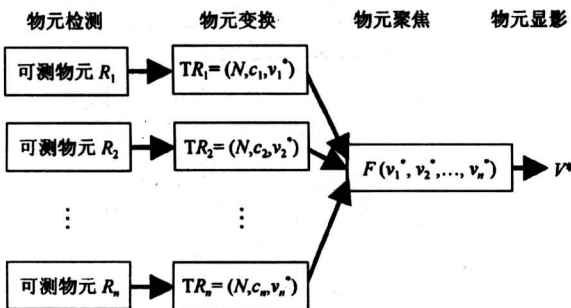


图 1 可拓检测的功能模型

Fig.1 Function model of extension detecting technology

物元检测是对事物的可测物元进行检测，传感器的检测机制用 D 表示，则对物元 R 的检测结果

为 v ：

$$D(R) = v$$

在可拓检测中，物元检测一般需要对多个可测物元进行检测，或对 n 维可测物元进行检测，故有：

$$D \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}$$

物元变换是对事物的特征及量值进行相关的变换。物元检测出来的结果 v 具有特征的内涵及量值的定义。物元变换过程是把其变换到目标物元的特征及量值相应的范围。

定义 6 在物元中，用另一事物代替原有事物，用另一特征代替原有特征，用另一量值代替原有量值的变换，称为物元的置换变换。

对于给定物元 $R_0 = (N_0, c_0, v_0)$ ，事物置换变换记作：

$$T_{N_0} N_0 = N,$$

$$T_{N_0} R_0 = T_{N_0} (N_0, c_0, v_0) = (N, c_0, v_0).$$

特征置换变换记作：

$$T_{C_0} c_0 = c,$$

$$T_{C_0} R_0 = T_{C_0} (N_0, c_0, v_0) = (N_0, c, v_0).$$

量值置换变换记作：

$$T_{V_0} v_0 = v,$$

$$T_{V_0} R_0 = T_{V_0} (N_0, c_0, v_0) = (N_0, c_0, v).$$

定义 7 在含有多维物元的事物中，对其中一个物元 $R_0 = (N, c_0, v_0)$ 的特征量值进行变换 Φ ，变换结果为 v_0^* ，即

$$\Phi_{V_0} v_0 = v_0^*,$$

$$\Phi_{R_0} R_0 = (N, c_0, v_0^*),$$

则称变换 Φ 为主动变换。

定义 8 在含有多维物元的一个事物

$$R = \begin{bmatrix} R_0 \\ R_1 \\ \vdots \\ R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N, & c_0, & v_0 \\ & c_1, & v_1 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_n \end{bmatrix}$$

中，不同的特征的量值之间有相关关系。对其中一个物元 R_0 的特征量值进行主动变换，有

$$\Phi_{V_0} v_0 = v_0^*$$

同时会导致另一特征量值 v_n 改变为 v_n^* ；并表示为：

$$T_{\Phi}R = T_{v_0 \rightarrow v_n}R = \begin{bmatrix} N, & c_0, & v_0^* \\ & c_1, & v_1 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_n^* \end{bmatrix}$$

则称变换 T_{Φ} 或 $T_{v_0 \rightarrow v_n}$ 为受迫变换, 也称传导变换。

物元变换在可拓检测中通常表现为置换变换及传导变换, 对于事物的可测物元

$$R = \begin{bmatrix} N, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_n \end{bmatrix}$$

及不可测物元

$$R^* = (N, c^*, v^*)$$

进行变换, 则有:

$$T_{c_i}c_i = c^*, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

$$T_{c_i \rightarrow v_i}R = (N, c^*, v_i^*), \quad i = 1, \dots, n.$$

物元聚焦是对 n 维可测物元的变换结果进行滤波, 以求出准确的目标物元的特征量值。

设 U 是目标物元的特征量值的论域, 在物元变换之后量值 $v_i^*, i = 1, \dots, n$ 表现为论域中的不同值域, 如图 2 所示。

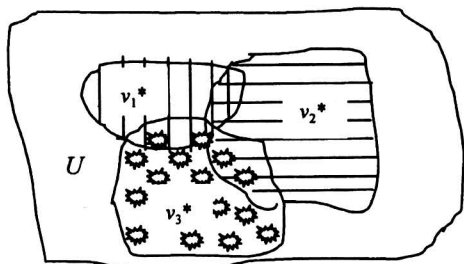


图 2 特征量值论域及值

Fig.2 Discourse domain and value domain of characteristics

物元聚焦用 F 表示, 其目的在于求出目标物元的准确特征量值 v^* 。

$$v^* = F(v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*)$$

物元显形是物元聚焦结果和实际不可测物元进行评估的过程, 最后得出检测的可信度。

3 可拓检测物元和不可测物元的相关及变换

在一般的检测技术中, 希望把事物的某特定特

征的量值检测出来。当某特定特征的量值无法检测时, 可拓检测技术通过对其他特征量值的检测, 来求取不可测特征量值的值。所以, 可拓检测技术需要考虑在一个事物中的 n 维物元之间的相关及变换问题。

一般有事物 N , 它有 n 个特征 c_1, c_2, \dots, c_n 及相应的量值 v_1, v_2, \dots, v_n , 则有 n 维物元

$$R = \begin{bmatrix} N, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{bmatrix},$$

其中 R_1, R_2, \dots, R_n 之间存在特征相关:

$$c_i \sim (N)c_{i+1}, i = 1, 2, \dots, n - 1.$$

在 n 维物元中, 假定 $R_n = (N, c_n, v_n)$ 是不可测物元, 但它是需测的目标物元, 而 $R_j = (N, c_j, v_j), j = 1, \dots, p, p < n$, 是可测物元。可测物元和不可测物元能实行变换的条件是它们之间存在相关关系。只要得出 R_n 和 $R_j (j = 1, \dots, p)$ 的相关关系, 则 R_n 是可以求取的。

特征相关的意义是由量值来描述的。物元的受迫变换和制约变换是求取目标物元的一个重要机制。

3.1 受迫变换

定义 9 把物元 $R(N, c, v)$ 的三要素 (N, c, v) 仍变为 (N, c, v) 的变换, 称为么变换, 并记作:

$$eR = (e, e, e)(N, c, v) = (N, c, v).$$

对其中一个要素的么变换, 记作

$$eN = N, ec = c, ev = v.$$

显然, 对于物元的一个要素 v 实行变换 T , 则表示为:

$$T_R = (e, e, T)(N, c, v) = (N, c, v^*).$$

设存在主动变换 Φ_j :

$$\Phi_j R_j = (e, e, \Phi_j) R_j = (N, c_j, v_j^*),$$

$$j = 1, \dots, p,$$

并存在对应的受迫变换 T_{Φ_j}

$$T_{\Phi_j} R_n = (e, e, T_{\Phi_j}) R_n = (N, c_n, v_n^{*j}),$$

$$j = 1, \dots, p.$$

任何一个物元, 它和 R_n 之间存在如下变换关系:

$$R_{jn} = \begin{bmatrix} R_j \\ R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N, & c_j, & v_j \\ & c_n, & v_n \end{bmatrix}, \quad j = 1, \dots, p.$$

令

$$T_j = \begin{bmatrix} \Phi_j \\ T_{\Phi_j} \end{bmatrix},$$

则有

$$T_j R_{jn} = \begin{bmatrix} \Phi_j \\ T_{\Phi_j} \end{bmatrix} R_{jn} = \begin{bmatrix} \Phi_j R_j \\ T_{\Phi_j} R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N, & c_j, & v_j^* \\ & c_n, & v_n^{*j} \end{bmatrix}$$

其中： v_j^* 是主动变换 Φ_j 后特征 c_j 的量值， v_n^{*j} 是受迫变换 T_{Φ_j} 后特征 c_n 的量值， $j=1, \dots, p$ 。

在求取 v_j^* 量值时，可以把物元看成一个向量进行处理，这时给出向量 $(0, 0, 1)^T$ 则量值 v_j^* 求取如下：

$$v_j^* = \Phi_j R_j \cdot (0, 0, 1)^T = (N, c_j, v_j^*) \cdot (0, 0, 1)^T。$$

同理，有

$$v_n^{*j} = T_{\Phi_j} R_n \cdot (0, 0, 1)^T = (N, c_n, v_n^{*j}) \cdot (0, 0, 1)^T。$$

用 M 表示 v_j^* 和 v_n^{*j} 之间的关系，并表示为：

$$v_n^{*j} = M [v_j^*],$$

或

$$v_j^* = M^{-1} [v_n^{*j}]。$$

3.2 制约变换

当目标物元不存在受迫变换时，即有

$$T_{\Phi_j} R_n = (e, e, T_{\Phi_j}) R_n = (N, c_n, v_n)。$$

主动变换的结果受目标物元特征量值制约，称为制约变换，并表示为：

$$\Phi_j R_j = (e, e, \Phi_j) R_j = (N, c_j, v_j^* ! v_n !), j = 1, \dots, p$$

其中： $v_j^* ! v_n !$ 表示受目标物元特征量 v_n 制约的主动变换结果 v_j^* ， $! v_n !$ 表示对 v_j^* 的制约量。从而有

$$T_j R_{jn} = \begin{bmatrix} \Phi_j \\ T_{\Phi_j} \end{bmatrix} R_{j,n} = \begin{bmatrix} \Phi_j R_j \\ T_{\Phi_j} R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N, & c_j, & v_j^* ! v_n ! \\ & c_n, & v_n \end{bmatrix}$$

定义 10 在制约变换中，目标物元的特征量值 v_n 为制约量。

例如存在物元

$$R = \begin{bmatrix} \text{电路, 电流, 电流值} \\ \text{电阻, 电阻值} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \end{bmatrix}。$$

在电路中加上不同电压，则相当于使电流进行主动变换，但这时不会引起电阻变化。相反，电阻的存在制约了主动变换时的电流变化情况。

定义 11 当制约量按某种参数取变化值时，则称其为动态制约量。

例如，当制约量 v_n 是随时间 t 变化的，则 $v_n(t)$ 称动态制约量。

对于制约变换，可简化表示为：

$$\Phi_j R_j = \Phi_j (v_j) = v_j^* ! v_n !。$$

对于动态制约量 $v_n(t)$ ，有

$$\Phi_j R_j = \Phi_j (v_j) = v_j^* ! v_n(t) !，$$

则有

$$T_j R_{jn} = \begin{bmatrix} \Phi_j R_j \\ T_{\Phi_j} R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N, & c_j, & v_j^* ! v_n(t) ! \\ & c_n, & v_n(t) \end{bmatrix}。$$

容易知道，对应于 $v_n(t_1), v_n(t_2), \dots, v_n(t_k)$ ，则

$$v_j^* ! v_n(t_1) !, v_j^* ! v_n(t_2) !, \dots, v_j^* ! v_n(t_k) !。$$

设 $v_n(t_i)$ 和 $v_j^* ! v_n(t_i) !$ 之间存在关系 M_i ，则

$$v_n(t_i) = M_i (v_j^* ! v_n(t_i) !), i = 1, \dots, k。$$

4 物元聚焦及结果判决显形

可测物元进行检测之后可通过变换指向不可测物元。对同一个事物，由于存在多特征的特点，故不可测物元往往是由一个事物中的可测特征隐征的。由于变换关系的准确性、稳定性及容错性的影响，检测结果可能存在三种典型的结果：量值域的分散，量值线的分散，量值点的分散，如图 2~4 所示。 U 是目标量值域， $v_1, v_2, v_3, v_4 \in U_4$ 是多个可测物元检测和变换之后求得的目标特征量值。

物元聚焦关键是把干扰噪声滤去，求出准确的目标量值。

设 $v_i, i = 1, \dots, p$ 是通过可对测物元检测及处理之后的 p 个目标特征量值。它们属于目标特征量值论域 U

$$v_i \in U, i = 1, \dots, p。$$

对于检测结果，不可测物元的特征量值可用下

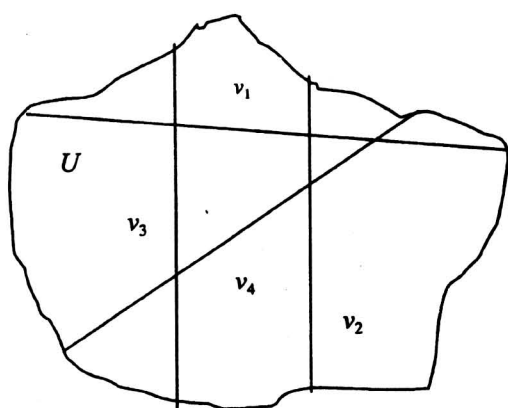


图3 量值线的分布

Fig.3 Distribution of value curve

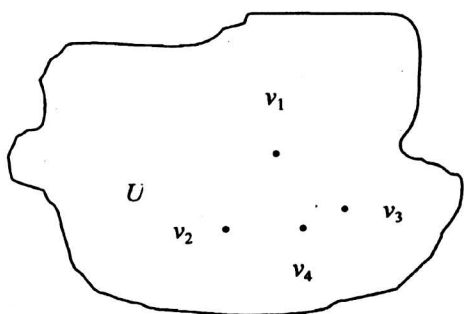


图4 量值点的分布

Fig.4 Distribution of value point

式表示:

$$v_n^{*j} = M(v_j^*)$$

$$v_n(t_i) = M_i(v_j^* ! v_n(t_i)!), \quad i = 1, \dots, k。$$

设 M' 是实际中的准确关系, M 可以通过实验或统计等方法求出。则有:

$$\Delta v_n^{*j} = M'(v_j^*) - M(v_j^*),$$

$$\Delta v_n(t_i) = M_i'(v_j^* ! v_n(t_i)!) - M_i(v_j^* ! v_n(t_i)!).$$

取

$$A = \{(\Delta v_n, y) \mid \Delta v_n \in U,$$

$$y = K(\Delta v_n) \in [-\infty, +\infty]\}$$

为一可拓集合, 则 $y = k(\Delta v_n)$ 为关联函数。用关联函数对结果进行判别, 并取关联函数

$$y = \begin{cases} \beta - \Delta v_n, & \Delta v_n > 0 \\ \beta + \Delta v_n, & \Delta v_n < 0, \end{cases}$$

其中, β 为判别精度, Δv_n 为检测偏差。

当 $y = K(\Delta v_n) > 0$ 时, 则检测结果 v_n 是在给定精度 β 条件下可信的。

当 $y = K(\Delta v_n) = 0$ 时, 则检测结果 v_n 是在给定精度 β 条件下临界可信的。

当 $y = K(\Delta v_n) < 0$ 时, 则检测结果 v_n 在给定精度 β 条件下是不可信的。

最后检测结果 v_n 取

$$v_n = v_{na} + v_{nb}。$$

其中:

$$v_{na} = \frac{\sum_i (\beta - \Delta v_{ni}) v_{ni}}{\sum_i (\beta - \Delta v_{ni})}, \Delta v_{ni} > 0;$$

$$v_{nb} = \frac{\sum_j (\beta + \Delta v_{nj}) v_{nj}}{\sum_j (\beta + \Delta v_{nj})}, \Delta v_{nj} < 0。$$

5 可拓检测的工程应用

对不可测物理量的检测是可拓检测的特别有用之处。在实际应用中, 不少物理量是不可测的, 或受环境条件限制是不可测的。采用可拓检测技术则可以实现有效的检测。

系统投入工作时, 在智能化的电饭煲中的计算机自动检测煲内的米量, 以决定采用最佳工艺进行煮饭过程。

电饭煲的结构及环境无法采用质量传感器, 电饭煲内的米量成了不可测的量。米的物元为

$$R_{r1} = [\text{米}, \text{质量}, \text{量值}] = (N, c_1, x_1),$$

通过发散为:

$$R_{r1} = (\text{米}, \text{质量}, \text{量值}) \dashv \begin{cases} (\text{米}, \text{质量}, \text{量值}) = R_{r1} \\ (\text{米}, \text{吸热性}, \text{量值}) = R_{r2}, \\ (\text{米}, \text{吸水性}, \text{量值}) = R_{r3} \end{cases}$$

即

$$R_{r1} = (N, c_1, x_1) \dashv \begin{cases} (N, c_1, x_1) = R_{r1} \\ (N, c_2, x_2) = R_{r2}。 \\ (N, c_3, x_3) = R_{r3} \end{cases}$$

从而米的三维物元为

$$R_r = \begin{bmatrix} N & c_1 & x_1 \\ & c_2 & x_2 \\ & c_3 & x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{r1} \\ R_{r2} \\ R_{r3} \end{bmatrix}。$$

式中: x_1 为米量值, x_2 为米吸热性, x_3 为米吸水性。

由于在电饭煲中无法使用质量传感器和水量传感器, 故 R_{r1} , R_{r3} 是不可测物元。但可以安装温度传感器, 所以 R_{r2} 是可测物元。

定义 12 当物元特征量值用多个分量描述时, 分量的量值是恒定的, 则称为恒值分量; 分量的量值是变化的, 则称为变值分量。

在 $R_{r2} = (N, c_2, x_2)$ 中, 吸热性 x_2 与热量 H 、米量 m 或 x_1 、温度 t_m 有关, 表示为:

$$R_{r2} = (N, c_2, x_2) = (N, c_2, x_2(H, m, t_m))。$$

特征元 (c_1, x_1) 和特征元 $(c_2, x_2(H, m, t_m))$ 都与米量值 m 或 x_1 相关, 即

$$c_1[N(x_1)] = f[c_2(N(m))],$$

$$\text{或 } c_1 \sim (N(m) c_2)。$$

式中 \sim 为相关符号

如果取 H 值是恒定的, 则可不作为参量考虑, 从而有:

$$R_{r2} = (N, c_2, x_2(x_1, x_{23}))。$$

用 $\$$ 表示对 R_{r2} 进行分量值处理, 则有:

$$\$ R_{r2} = (e, e, \$) R_{r2} = \$ x_2(m, t_m)。$$

设 m 是未知的定值, 则 t_m 可求:

$$\$ x_2(m, t_m) = t_m,$$

由 t_m 可推出 $m: t_m \rightarrow m$ 。

R_{r2} 反映的是吸热性, 其量值关系为

$$m \propto \frac{H}{t_m}。$$

可见, 热量 H 给定时, 上升的温度与米量成反比。

电饭煲的功率 P 为

$$P = IV,$$

其中: V 为电饭煲电源电压, I 为加热电流。在给定时间 t_1 内, 给定热量

$$H_{t1} = g(P)_{t1},$$

其中, g 为电热变换函数。从而可得到米量值:

$$m = f\left(\frac{H_{t1}}{t_m}\right) = f\left(\frac{g(IV)_{t1}}{t_m}\right)。$$

式中: t_m , I , V 都是可测量参数。

6 结语

本文提出了可拓检测的概念、基本原理和有关

实现方法。并且, 通过实际应用证明可拓检测技术的可行性。可拓检测是可拓学在工程科学上的发展, 是一种新的技术方法, 目前进行的只是一些初步工作和得到的结果。这个分支学科尚有一些问题需要进一步完善, 包括: 不可测物元与可测物元关系, 特征量值相关和变换, 物元聚焦方法, 评价函数及判决条件, 可拓检测的约束条件, 物元滤波方法, 可拓检测的稳定性、重复性, 以及其他相关问题的研究。

可拓检测在思想方法和技术路线上与传统的检测技术不同, 它以新的概念及理论作为支撑, 它的发展还依赖于可拓学的发展。可拓检测虽然和传统检测技术相异, 但也需要借鉴各学科的一些方法论和具体技术, 才能不断发展和完善。可拓检测提出了一种新的检测途径, 有其良好前景, 在解决不可测的问题上有其得天独厚的优势。

参考文献

- [1] McGhee J, Henderson I A, Sydenham PH. Sensor science—essentials for instrumentation and measurement technology [J], Measurement, 1999, 25: 89~113
- [2] Waltz E, Linas J L. Multisensor data fusion [M], New York: Artech House, INC, 1990
- [3] Luo R C, Lin M H. Robot multisensor fusion and integration: Optimum estimations of fused sensor data [A], Proc 1988 IEEE Int Conf Robots and Automation [C], Philadelphia, PA, App 1988. 24~29
- [4] Hall D L. Mathematical techniques in multisensor data fusion [M]. Norwood MM: Artech House, 1992
- [5] 金峰, 蔡鹤泉. 数据融合与传感器建模 [J], 传感器技术, 1999, 18(6): 47~49
- [6] Menz B. Vortex flowmeter with enhanced accuracy reliability by means of sensor fusion and self-validation [J], measurement, 1997, 22: 123~128
- [7] 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1997
- [8] 蔡文. 可拓论及其应用 [J]. 科学通报, 1999, 44(7): 673~682

Extension Detecting Technology

Yu Yongquan

(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510080, China)

[Abstract] Detecting is a key technology which has widely been used in almost all fields. However, there are two problems in traditional detecting methods. First, some physical value can not be detected; Second, it is difficult to improve the accuracy according to the way currently in effect. In this paper, based on the transformation concept of the contradiction, a new detecting technology — extension detecting technology (EDT), which is totally different from the existing ones is developed. EDT takes advantage of the concept of matter element and the related methods of extrinsic. It use the transformation of matter element to study detecting technology. In order to solve detecting problems of undetectable physical value the related concepts, basic principle and frame of extension detecting technology are introduced. An implementing way for its application to engineering is proposed, and an example is given as well.

[Key words] extension detecting technology; extrinsic; transform of matter element

《中国工程科学》2001年第3卷第5期要目预告

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 论现代低空防空导弹武器系统的发展 …… 钟山 | …………… 邱竹贤 |
| 网络时代的三大基本定律与骨干网容量的演进 …… 韦乐平 | 主动虚拟服务器和网上数据集成新模式 …… 何新贵等 |
| 建设农业生态工程 治理与控制湖泊面源污染 …… 卞有生 | 近 β 锻造推翻陈旧理论发展了三态组织 …… 周义刚等 |
| 三峡永久船闸高边坡工程的实践及验证 …… 张超然 | 机械产品可拓概念设计研究 …… 赵燕伟 |
| 工业孵化工程及其产业化 …… 卢锐等 | 青藏高原多年冻土地带爆破研究 …… 何广沂 |
| 长江越江通道工程应实行桥隧并举 …… 钱七虎等 | 铁路运输高速化的仿真研究 …… 马大炜 |
| 扩大乙烯装置原料来源的思考与实践 …… 曹湘洪 | 滨海海涂地区绿化及排盐工程技术探讨与研究 …… 张万钧等 |
| 对用生物质原料生产燃料用乙醇之我见 …… 倪维斗等 | 层状岩质高边坡稳定监测技术 …… 陈志坚 |
| 中国铝工业应用新型电极材料的研究与展望 | 英国可再生能源技术管理与开发调研 …… 吴力斌等 |