

# 棉纺条干不匀故障诊断的推理思维过程

姜 怀      孙健怡

(上海纺织高等专科学校)

**【摘要】** 本文运用产生式的与或树处理棉纺条干不匀故障诊断问题的一些带有模糊性质的专家知识,建立了相应的模糊推理规则,并绘出正向推理网络图,为建成棉纺故障诊断专家系统打下了基础。

## 一、 纱条不匀的结构特性与测量方法

棉纱条干不匀,按性质有反映纱条内部纤维状态的结构不匀和反映纱条直径差异的粗细不匀之分;其形式有周期性不匀和非周期不匀之分;其原因有理想纱条的随机不匀和由纺纱过程的缺陷而产生的附加不匀之分。随机不匀,纺纱过程中无法清除;造成附加不匀的原因,有以下三种:

(1) 因纤维集合和工艺设备不完善造成的不匀;(2) 因牵伸波造成的不匀;(3) 因机械波造成的周期性不匀。

为了形象地区分纱条的不匀结构<sup>[1]</sup>,可在

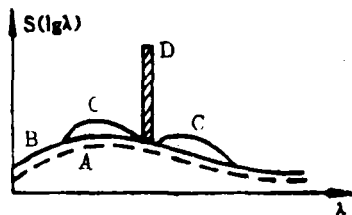


图 1 纱条波谱图

注: A 为理想纱条的随机波不匀率, B 为因纤维集结及工艺设备不够完善引起的附加不匀率, C 为牵伸波, D 为机械波。

波谱图上绘出它们的波长谱,其形状如图 1 所示。

测量纱条不匀的方法有多种,目前国内采用的主要有:(1) 测长称重法(可以测量各种

片段长度的重量不匀率和重量偏差), (2) 目光检验法(用来评定纱线的短片段条干不匀率, 能清楚地反映出纱条中的粗节、细节、阴影、云斑、竹节及白点等), (3) 仪器测定法(有萨氏条粗均匀度试验仪和乌斯特均匀度试验仪)。反映长片段不匀的“重量不匀率”和“重量偏差”是棉纱评等的主要指标; 反映中、短片段不匀的“条干不匀”是棉纱评级的主要指标, 它们实际上是对整个纺纱工艺技术的一种综合性评定。

当黑板条干均匀度不良, 用户反映棉纱质量不良, 络筒时断头多时, 就说明此时棉纱质量不合要求, 就需要去查找问题发生的原因, 问题出在哪个部位上, 判断出工艺和机械上存

在的缺陷, 以便及时予以调整和处理, 来稳定棉纺生产过程。

## 二、找出棉纺条干不匀原因和部位的推理思维过程

### 1. 棉纺条干不匀的产生式与或树

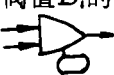
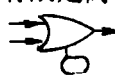
棉纺工程师寻找棉纺条干不匀原因和部位的依据是: 原棉检测数据、生熟条条干检测数据, 粗纱条干检测数据、乌斯特条干仪测得的数据和波谱图, 以及各种设备的机械状态数据, 其整个推理思维过程用产生式与或树来描述<sup>(3)</sup>, 如图 2 所示;

图中,  $P_I = \{P_1, P_2, \dots, P_{23}\}$  表示观察中的未经处理的事实(或初始状态), 以  $\odot$  符

号表示;

$P_{II} = \{P_{30}, P_{31}, \dots, P_{34}\}$  表示推论的中间结论(或中间状态), 以  $\square$  符号表示(它有一个输入, 一个输出或多个输出);

$P_{III} = \{P_{40}, P_{41}, \dots, P_{46}\}$  表示推论的结论(或结束状态), 以  $\ominus$  符号表示

$R = \{R_1, R_2, \dots, R_{15}\}$  表示规则;  
 $D = \{D_1, D_2, \dots, D_{15}\}$  表示各个逻辑门的限定条件, 带有限定阈值  $D_i$  的与门, 以符号  表示, 带有限定阈值  $D_i$  的或门, 以符号  符号表示。

### 2. 产生式系统的组成

产生式系统是最常用的一种知识表达方

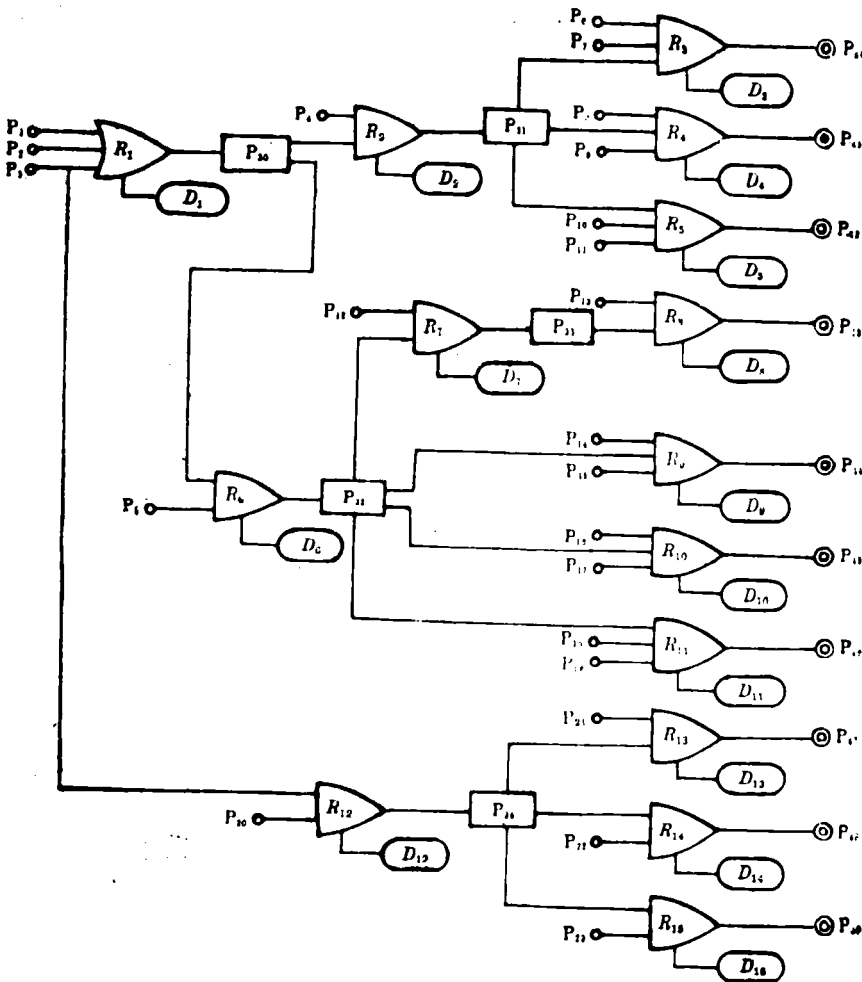


图 2 棉纺条干不匀的产生式与或树

法,用来描述若干个不同的但都是以一个很普通的基本概念为基础的系统。产生式系统由产生式规则、总数据库和控制策略三个基本部分组成:

### (1) 产生式规则:

它是一个以“如果这个条件满足的话,就应当采取这个操作”的形式表示的语句,每条规则由左右两部分组成:左边部分(即 IF 部分),用来鉴别规则的适用性或先决条件;右边部分(即 THEN 部分),用来描述规则应用时所完成的动作。根据棉纺专家的知识,列出 15 条规则以识别 10 种问题。分述如下:

规则 1 如果:黑板条干不匀  $P_1$ 、或者用户反映棉纱质量不良  $P_2$ 、或者络筒时断头多  $P_3$ 、或者三者同时出现且经模糊运算结果大于条干不匀阈值  $D_1$ , 则:判断属于细纱条干问题  $P_{30}$ ;

规则 2 如果:细纱条干有问题  $P_{30}$ 、发现条干规律性不匀  $P_4$ 、且经模糊运算结果大于细纱条干规律性不匀阈值  $D_2$ , 则:判断属于规律性条干不匀问题  $P_{31}$ ;

规则 3 如果:规律性条干不匀问题  $P_{31}$ 、发现长波长规律性不匀  $P_6$ 、熟条曲线有明显的规律性不匀  $P_7$ 、且经模糊运算结果大于熟条长波长规律性不匀阈值  $D_3$ , 则:判断属于熟条出现规律性条干问题  $P_{40}$ (前罗拉胶辊有缺陷,或第二胶辊加压失效,或后牵伸区故障等);

规则 4 如果:规律性条干不匀问题  $P_{31}$ 、发现中波长规律性不匀  $P_8$ 、粗纱曲线有明显规律性波  $P_9$ 、且经模糊运算结果大于粗纱中波长条干不匀阈值  $D_4$ , 则:判断属于粗纱出现规律性条干问题  $P_{41}$ (粗纱后胶辊缺陷,或胶圈缺陷,或并条前胶辊缺陷等);

规则 5 如果:规律性条干不匀问题  $P_{31}$ 、发现短波长规律性条干不匀  $P_{10}$ 、细纱有明显规律波  $P_{11}$ 、且经模糊运算结果大于细纱短波长规律性条干不匀阈值  $D_5$ , 则:判断属于细纱出现规律性条干问题  $P_{42}$ (罗拉钳口移

动,或胶圈损坏,或传动轮系故障等);

规则 6 如果:细纱条干有问题  $P_{30}$ 、未发现规律性条干不匀  $P_6$ 、且经模糊运算结果大于细纱非规律性不匀阈值  $D_6$ , 则:判断属于非规律性条干问题  $P_{32}$ ;

规则 7 如果:非规律性条干问题  $P_{32}$ 、原料检查良好  $P_{12}$ 、且经模糊运算结果大于原料良好非规律性条干不匀阈值  $D_7$ , 则:判断属于原料无问题  $P_{33}$ ;

规则 8 如果:原料无问题  $P_{33}$ 、发现生条条干差  $P_{13}$ 、且经模糊运算结果大于原料良好生条条干差阈值  $D_8$ , 则:判断属于生条条干问题  $P_{43}$ (道夫针布损坏,或道夫升降速太快,或给条罗拉加压不良或松动,或传动齿轮磨损有偏心,或棉网张力牵伸不当,或大小压辊偏心松动等);

规则 9 如果:非规律性条干不匀  $P_{32}$ 、发现原料无问题生条条干良好  $P_{14}$ 、熟条条干差  $P_{15}$ 、且经模糊运算结果大于原料良好生条条干良好熟条条干差阈值  $D_9$ , 则:判断属于熟条条干问题  $P_{44}$ (胶辊偏心表面磨损,或胶辊加压太轻失效,或罗拉隔距不当,或部分牵伸配置不当,或温湿度不良等);

规则 10 如果:非规律性条干不匀  $P_{32}$ 、发现原料无问题生熟条条干均良好  $P_{16}$ 、粗纱条干不良  $P_{17}$ 、且经模糊运算结果大于原料良好生熟条干良好粗纱条干差阈值  $D_{10}$ , 则:判断属于粗纱条干问题  $P_{45}$ (胶辊偏心歪斜中凹,或胶辊加压太轻失效,或隔距不当,或罗拉偏心弯曲扭振,或粗纱卷绕伸长太大等);

规则 11 如果:非规律性条干不匀  $P_{32}$ 、发现原料无问题生熟条及粗纱条干均良好  $P_{18}$ 、细纱条干差  $P_{19}$ 、且经模糊运算结果大于原料良好生熟条干和粗纱条干良好细纱条干差阈值  $D_{11}$ , 则:判断属于细纱条干问题  $P_{46}$ ;

规则 12 如果:络筒时断头多  $P_3$ 、发现重量不匀率超过标准  $P_{20}$ 、且经模糊运算结

果大于络筒断头多条干不良重量不匀率超限阈值  $D_{12}$ ，则：判断属于重量不匀问题  $P_{34}$ ；

规则 13 如果：重量不匀问题  $P_{34}$ 、发现大面积不匀现象  $P_{21}$ 、且经模糊运算结果大于大面积产生阈值  $D_{13}$ ，则：判断属于区域性温湿度控制不良或粗纱回潮率过低或粗纱系数选择不当  $P_{47}$ ；

规则 14 如果：重量不匀问题  $P_{34}$ 、发现局部机台产生不匀  $P_{22}$ 、且经模糊运算结果大于局部机台产生阈值  $D_{14}$ ，则：判断属于区域温湿度控制不良问题  $P_{48}$ ；

规则 15 如果：重量不匀问题  $P_{34}$ 、发现局部锭子或局部机械产生不匀  $P_{23}$ 、且经模糊运算结果大于局部锭子或局部机械产生阈值  $D_{15}$ ，则：判断属于喂入部件不正常  $P_{49}$ （导纱动程跑偏，或个别喇叭头歪斜，或粗纱双根喂入，或后加压失效，或粗纱前后排分挡使用失控，或粗纱牵伸过大等）。

由此可见，每条规则包括三个元素，即规则名、条件部和结论部。整套知识可以逐条表示成一批规则并组成规则表， $Rules = (Rule1, Rule2, \dots, Rule K)$ ， $K$ 为规则个数。规则表中，每个元素是一条规则，用 Gclisp 语言将它存入计算机，就形成了知识库。

### (2) 总数据库

它含有与具体任务有关的信息，存储着领域内的初始数据或状态  $P_I = \{P_1, P_2, \dots, P_{23}\}$ 、推理过程中得到的各种中间信息  $P_{II} = \{P_{30}, P_{31}, \dots, P_{34}\}$  和推理结束的终点信息  $P_{III} = \{P_{40}, P_{41}, \dots, P_{49}\}$

总数据库是产生式规则的注意中心。每个产生式规则的左边，表示在启用这一规则之前总数据库内必须准备好的条件，执行产生式规则，会引起总数据库的变化，这就使其他产生式规则的条件可能被满足。

### (3) 控制策略

它确定应该采用哪一条适用规则，而且当数据库的终止条件满足时，就停止计算。控制策略由控制系统来选择和确定，

通常从选择规则到执行操作分为三步：匹配（把当前数据库与规则的条件部分相匹配。如果两者完全匹配，则这条规则就称为被触发的规则，当按规则的操作部分去执行时，则这条规则就称为被启用的规则），冲突解决（当同时有几条规则的条件部分被满足时，就须在解决冲突步骤中予以解决）和操作（执行规则的操作部分，经过操作之后，当前数据库被修改，然后其他的规则有可能被使用）。

CSDES 是一种用于分析的产生式系统，它接受一组已知的事实（数据或状态），然后作出相应的结论（判断）。这里采用了中间事实  $P_{II} = \{P_{30}, P_{31}, \dots, P_{34}\}$ ，这有利于涉及到的规则较少，容易理解，便于建立与使用。文中运用  $R_1 \sim R_6$  五条规则来识别三种规律性条干不匀问题； $P_{40}, P_{41}, P_{42}$ ；运用  $R_1, R_6 \sim R_{11}$  七条规则来识别四种非规律性条干不匀问题； $P_{43}, P_{44}, P_{45}, P_{46}$ ；运用  $R_{12} \sim R_{15}$  四条规则来识别三种结论； $P_{47}, P_{48}, P_{49}$ 。按图 2 矢向的推理，属正向链接推理，它从事实出发，试图使事实和规则的 IF 部相匹配，然后启用规则的 THEN 部分，其正向推理机的工作示意图如图 3 所示。

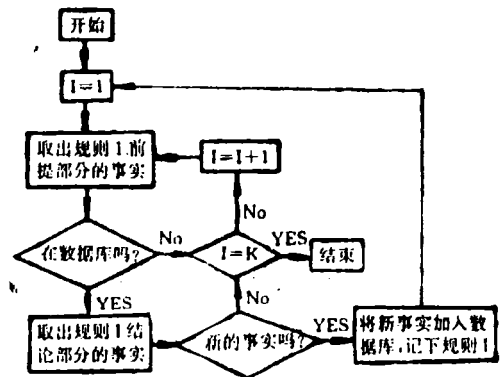


图 3 正向推理机工作示意图

### 3. 关于论据和推理思维的模糊性

鉴于棉纺生产过程中，检测得到的数据和状态信息并非十分精确，棉纺专家推理分析问题的过程，也是在稍带模糊的概念中进行的。因此，CSDES 模仿棉纺专家的诊断思维，就

必须在模糊集合理论的指导下进行。

一般，通过对事实赋予一个介于0和1之间的系数 $\mu$ 来表示事实的不确定性(1代表完全确定，0代表完全不确定)，这个系数 $\mu$ 被称为可信度。当规则具有一个以上的条件时，就要视情况按各条件的可信度求得总条件部分的可信度：

$$\mu_{\underline{A} \cup \underline{B}}(u) = \mu_{\underline{A}}(u) \vee \mu_{\underline{B}}(u)$$

$$\mu_{\underline{A} \cap \underline{B}}(u) = \mu_{\underline{A}}(u) \wedge \mu_{\underline{B}}(u)$$

这里： $u$ 为论域， $\underline{A}$ 、 $\underline{B}$ 为论域 $U$ 上的模糊集合， $\underline{A} \cup \underline{B}$ 为 $\underline{A}$ 和 $\underline{B}$ 的并集， $\underline{A} \cap \underline{B}$ 为 $\underline{A}$ 和 $\underline{B}$ 的交集， $\vee$ 与 $\wedge$ 分别表示取最大、最小值的运算。

图2所示的局部推理网络中的转换 $T$ 可用下列三元组来表示：

$$t = (\text{pre}(t), \text{post}(t), \text{cal}(t)) \quad t \in T$$

式中： $\text{pre}(t)$ 为转换 $t$ 激活所必需的前提条件；

$\text{post}(t)$ 为转换 $t$ 激活后的后续条件；

$\text{cal}(t)$ 为 $\text{pre}(t)$ 的模糊运算值。

初始条件 $P_i = \{P_1, P_2, \dots, P_{11}\}$ ，其数据和状态信息均由计算机读入。如果 $\text{pre}(t_j) = (P_1 \cap P_2 \cap \dots \cap P_{11})$ ，则 $\text{cal}(t_j) = \text{MIN}(P_1, P_2, \dots, P_{11})$ ；如果 $\text{pre}(t_j) = (P_1 \cup P_2 \cup \dots \cup P_n)$ ，则 $\text{cal}(t_j) = \text{MAX}(P_1, P_2, \dots, P_{11})$

转换阈值 $D_i$ 是根据专家的知识 and 经验来设定的，且仅当模糊运算结果 $\text{cal}(t_j) > D_i$ 时，转换 $t_j$ 才被激活(此时规则 $R_j$ 被激发并被启用)，然后转入相关的局部网络中继续推理，直到推出结论。表1列出状态转换情况。

### 三、结束语

1. 采用产生式的与或树，来处理棉纺领域中的具有模糊性质的专家知识，建立出相应的模糊推理规则，绘制正向推理图，这是比较简明、直观、确切的方法。

2. 故障诊断专家系统是诊断装置的最新

表1 状态转换表

转换 $t_i$ ( $i=1, 2, \dots, 15$ )	转换被激发的必要条件 $\text{pre}(t_i)$	$\text{pre}(t_i)$ 的模糊运算值 $\text{cal}(t_i)$	转换等激活后的后续结果 $\text{post}(t_i)$
$t_1$	$(P_1 \cup P_2 \cup P_3)$	$\text{MAX}(P_1, P_2, P_3)$	$P_{30}$
$t_2$	$(P_{30} \cap P_4)$	$\text{MIN}(P_{30}, P_4)$	$P_{31}$
$t_3$	$(P_{31} \cap P_6 \cap P_7)$	$\text{MIN}(P_{31}, P_6, P_7)$	$P_{40}$
$t_4$	$(P_{31} \cap P_8 \cap P_9)$	$\text{MIN}(P_{31}, P_8, P_9)$	$P_{41}$
$t_5$	$(P_{31} \cap P_{10} \cap P_{11})$	$\text{MIN}(P_{31}, P_{10}, P_{11})$	$P_{42}$
$t_6$	$(P_{30} \cap P_5)$	$\text{MIN}(P_{30}, P_5)$	$P_{32}$
$t_7$	$(P_{30} \cap P_{12})$	$\text{MIN}(P_{30}, P_{12})$	$P_{33}$
$t_8$	$(P_{30} \cap P_{13})$	$\text{MIN}(P_{30}, P_{13})$	$P_{43}$
$t_9$	$(P_{32} \cap P_{14} \cap P_{15})$	$\text{MIN}(P_{32}, P_{14}, P_{15})$	$P_{44}$
$t_{10}$	$(P_{32} \cap P_{16} \cap P_{17})$	$\text{MIN}(P_{32}, P_{16}, P_{17})$	$P_{45}$
$t_{11}$	$(P_{32} \cap P_{18} \cap P_{19})$	$\text{MIN}(P_{32}, P_{18}, P_{19})$	$P_{46}$
$t_{12}$	$(P_3 \cap P_{20})$	$\text{MIN}(P_3, P_{20})$	$P_{34}$
$t_{13}$	$(P_{34} \cap P_{21})$	$\text{MIN}(P_{34}, P_{21})$	$P_{47}$
$t_{14}$	$(P_{34} \cap P_{22})$	$\text{MIN}(P_{34}, P_{22})$	$P_{48}$
$t_{15}$	$(P_{34} \cap P_{23})$	$\text{MIN}(P_{34}, P_{23})$	$P_{49}$

方向，是高新技术在机械设备故障诊断中的应用。目前，专家系统已成为世界各国热门的竞争对象，由于它有着巨大的社会效益和经济效益，已引起人们的普遍重视，发展日益迅速。

### 参 考 资 料

- [1] 《中国纺织大学学报》，第17卷第1期，p. 70~76, 1991年。
- [2] 任秀芳等编，《棉纺质量控制与产品设计》，纺织工业出版社，1993年6月。
- [3] 傅京孙等编，《人工智能及其应用》，清华大学出版社，1988年10月。

## 《纺织学报》编辑部迁址通告

因建房需要，《纺织学报》编辑部自1994年9月底起迁往上海市复兴东路950号三号楼，邮编：200010，附近公交车有11路、24路、66路、双层客车等，特此通告。