

# 高级技工诊断生产活动的认知策略的汇编栅格法研究<sup>1)</sup>\*

时 勘 徐联仓 薛 涛

中国科学院心理研究所

北京手表厂

## 摘 要

本研究采用汇编栅格法探讨了高级技工(专家)诊断人机系统生产活动的认知策略,结果表明:第一,在高级技工的认知结构中,存在着对多因素交互作用下复杂情况进行诊断的认知地图,它以特定方式组合着常见的问题类型和原因特征,是制约技工复杂技能教学成效的关键要素。第二,汇编栅格法是对人机系统中专家的认知结构进行功能模拟的一种有效方法,它不仅在揭示未知的高级技工认知结构时,以其直观的投射方式提供专家启发式策略的新信息,而且在培训和评估复杂技能方面具有可观的应用前景。

**关键词:** 汇编栅格法,高级技工,认知地图,认知策略,元素,结构

## 一、问 题

随着工业自动化程度的不断提高,技工需要掌握更高水平的复杂技能,因此,复杂技能教学已成为近年来员工培训、工程心理学等领域的一项重要课题。目前,同类研究的主要发展趋势是揭示高级技工(专家)诊断人机系统生产活动的认知特征,以此作为复杂技能教学的依据,达到提高受训技工胜任能力之目的<sup>[1-4]</sup>。目前研究存在的问题是,对专家口语报告分析所揭示的智力活动模式尚难以概括其问题解决的特征,因为专家进行因果决策分时,问题与原因之间有时是“非此即彼”的关系,有时则是“亦此亦彼”的关系<sup>[5]</sup>。Kelly(1955)在研究个性结构时曾提出,每个人在探索周围环境的过程中,必然会形成他对于外界的认知地图,它指导着个体对外界的看法和行为。如果了解了一个人的认知地图,便可以预知他的行为,还可以通过改变认知地图来改变他的态度和行为<sup>[6]</sup>。为了客观、明晰地揭示出存在于人脑的这种认知地图,Kelly、Slater等人创拟了汇编栅格法(repertory grid method),并在组织发展、市场研究等方面取得了成效<sup>[7]</sup>。徐联仓、邵阳等人已在“明日管理者”的国际比较研究中进行了尝试。\*不过,这种方法至今主要用于人格和态度的研究。本研究的假设是,高级技工(专家)在长期的生产过程中也会形成诊断人机系统活动的认知地图,它指导着人的诊断与决策。据此,本研究试图将汇编栅格法引

\* 本研究得到了北京手表厂的大力支持,特致谢忱。

\*\* 邵阳,《明日的管理者研究—中国部分》,硕士学位论文,中国科学院心理研究所印制,1988年10月。

1) 本文于1991年8月30日收到。

入对高级技工诊断生产活动的特征分析,为揭示专家的认知策略提供心理学依据。

## 二、方 法

### 被试

5名从事手表加工工艺的高级技工。性别:4男1女;年龄:42—51岁,平均46.8岁;从事手表夹板类零件加工工艺的工龄20~27年,平均24年,他们都属于该行业的专家。

6名Z-14机床操作I\*。均为男性;年龄:25~29岁,平均26.3岁;本岗工龄:7~12年,平均8.33年;技术级别3~5级,平均3.83级;文化程度均为高中。

### 过程

Kelly认为,认知地图包括两种要素:第一种是元素(element),即人们认识的客体,好象地图上的城市和村庄;第二种是结构(construct),即人们用于衡量元素的某种倾向性,它是观察世界的透镜,好象地图上的方向<sup>[6]</sup>。本研究提出,在高级技工诊断生产活动的认知地图中,元素就是生产活动中常见的问题;而产生这些问题的原因则是结构,它们对人的诊断活动起着关键的导向作用。据此,本研究的实施过程如下:

#### 第一步 引出元素。

根据对多I位联动机操作I岗位生产活动的职位分析结果和对高级技工的访谈,引导出夹板类零件加工中常见的9个问题,即元素:

I.  $\Phi$ ——直径尺寸;

VI.  $\oplus$ ——位移度;

II. h——高低尺寸;

VII.  $\perp$ ——垂直度;

III.  $\bigcirc$ ——圆度;

VIII.  $\parallel$ ——平行度;

IV.  $\square$ ——平面度;

IX.  $\sqrt{\quad}$ ——光洁度。

V.  $\odot$ ——同心度;

#### 第二步 引出结构。

Kelly是采用“三项选择法”,即从上一步骤中得到的各个元素,分别写在一张卡片上,然后,从这些卡片中每次随机抽取三张,呈现给被试,让其挑出一个不太合群的,并说明原因,这些原因就是结构。本研究在采用此法时,还参考了有关高级技工口语报告内容和评判趋势的统计结果,从而揭示出产生上述问题(元素)的12种原因,即结构,它们是:

1. 刀轴调整不当,未夹紧刀具;
2. 动力头定位松动;
3. 工作台进给系统误差;
4. 分度机构磨损或垫有脏物;
5. 工作板表面(均匀或不均匀)磨损;
6. 工作板表面有脏物;
7. 三基准销、孔配合不好;
8. 夹头装夹不正;
9. 刀具磨损;
10. 刀具后角偏小;
11. 坯料底面有脏物或压伤;

\* Z-14机床是夹板类零件加工工艺中有代表性的一种多工位联动机床。

12. 坯料材质不好。

### 第三步 建立栅格。

将前两个步骤得到的元素和结构按纵、横向排开,形成  $9 \times 12$  的栅格矩阵,从而建立了因果分析调查表(参见附录一)。

### 第四步 问卷调查。

以所建立的因果分析调查表为问卷,分别调查 5 名高级技工和 6 名操作工。在问卷调查中,要求被试用结构来对元素逐项评分,从而进行多因素交互作用的因果分析。评分采用五点法:

- 5 分——原因非常符合,且生产中常见;
- 4 分——原因基本符合,且生产中常见;
- 3 分——原因符合,且生产中能见到;
- 2 分——原因勉强符合,且生产中少见;
- 1 分——原因不符合或生产中没有见到。

当被试们填写完个人调查表后,要求 5 名高级技工经共同讨论,集体填写一张调查表,以此作为综合评估的结果。

### 第五步 结果处理。

用计算机进行结果处理。采用 Slater 编制的 INGRID 程序。该程序是专用于个人栅格分析的,可对调查结果作因素分析和主成分分析<sup>[7]</sup>。然后,根据计算机输出的主成分分析结果,以主成分 1 为横轴,主成分 2 为纵轴,以各元素、结构在主成分上的得分为座标,就可以确定各元素和结构的位置,从而绘制出被试的认知地图。

## 三、结果与分析

### 1. 主成分分析

INGRID 是专用于对个人认知地图进行分析的计算机软件。我们采用该程序对调查问卷分别进行了统计、处理,获得了每位被试的主成分分析结果(表 1):

表 1 主成分分析结果比较表

被试编号	高级技工组		被试编号	操作工组	
	主成分 <sub>1</sub>	主成分 <sub>2</sub>		主成分 <sub>1</sub>	主成分 <sub>2</sub>
1	2, -7, -8	-1, 5, 11	1	-6, -9, -10	-1, -3, -4
2	-2, -4, 9	-5, -6, 11	2	-7, -8, 5	1, 3, -9
3	-2, -7, 9	-1, 5, -6	3	-3, 4, 7, 8	-1, 5, 6
4	5, 6, 11	2, -8, 9	4	-1, 2, -11	-2, 8
5	-2, -4, -7, 9	-1, 5, 6, 11	5	5, 11	4
综合	2, 4, 7	5, 6, 11	6	-5, 7	-1, -3, 7

在表 1 中,主成分 1 和主成分 2 是根据被试回答中主成分空间百分比最大的两个主成分而依次确定的。在每位被试的主成分 1 和主成分 2 的栏目里,都列出了得分绝对值较高的结构编码。如果一个结构在某主成分上得分较高,则说明这个主成分中较多地含有这个结构的意思。例如,表 1 中高级技工组的 1 号被试,其主成分 1 就更多地含有 2、7、8 号结构的意思。关于结构编码前标示的负号,则表示在该主成分中既含有这个结构

的意思,但考虑问题的倾向性(方向)不同。所以,在确定主成分的含义时,首先应注意它所包含的结构编码,然后要考虑编码的符号。从表1所示的结果可以看出,高级技工组各被试之间在主成分中包含的结构编码比操作工组更具有一致性。这一点在5名高级技工经讨论而共同进行的综合评估结果(主成分1: 2,4,7;主成分2: 5,6,11)上体现得更为明确。而操作I组各被试之间,在主成分所包含的结构编码则没有一致性。这说明,在人们分析人机系统活动中,由于诊断对象及其所表现出的动态特征具有客观的共性规律,正确的决策往往具有共同的特征,而不正确的诊断则特征各异。可以认为,高级技工(专家)正是由于较好地把握了人机系统生产活动的这种主要的和共同的特征,因而在诊断决策时才可能表现出一致性。这一点与 Kelly 有关认知地图的论述是相吻合的。从表1所示的情况也可以看出,在高级技工们在因果决策分析中,由于个体经验和思维特征的差异,即使都能正确地解决问题,但在倾向性上还存在着一定的差异。例如,高级技工组的4号被试,与其他被试的分析结果相比,主成分1和主成分2所包含的结构要素的内容正好交换了位置,不过,大致趋势还是一致的。还须指出,表中标有负号的结构要素主要强调与未标负号的结构相对应的原因特征。例如,表1中结构2表示“动力头定位松动”,而结构-2虽然也从这方面因素考虑,它表示的则是与之对应的“坯料位置偏移”等因素。可见,高级技工们在诊断生产活动时从总体布局上有较大的一致性,但决策的倾向性仍存在个体差异。由于高级技工们的综合评估结果更能反映专家认知模型的特征,我们对综合评估的两个主成分分别进行了命名。

主成分1: 它包含有“动力头定位松动”(2)、“分度机构磨损和垫有脏物”(4);“三基准销、孔配合不好”(7)等几种结构要素(原因)。我们可以把它们命名为“刀具系统与零件系统在水平方向的偏移”。

主成分2: 它包含有“工作板表面(均匀或不均匀)磨损”(5);“工作板表面有脏物”(6);“坯料底面有脏物或压伤”(11)等结构要素(原因)。我们可以把它们命名为“刀具系统与零件系统在垂直方向的误差”。

## 2. 认知地图的绘制与分析

根据 INGRID 的输出结果,我们绘制出了所有被试的个人认知地图和反映高级技工组综合评估结果的认知地图。我们的绘制方法是: 以主成分1为横轴,以主成分2为纵轴,二者交于原点,形成图的框架。然后,以每个元素(加工中的问题)在主成分1和主成分2上的得分为坐标,就确定出该元素的位置。当9个元素的位置确定后,再根据输出结果中提供的各元素间的距离,把分布距离达到 $0.5(r)$ 的元素用线段联接起来,最后,用虚线将具有这种连线关系的元素的范围勾画出来。在认知地图的外圈上,也根据12个结构要素(原因)在主成分1和主成分2上的得分为坐标,通过与原点的连线,在外圈上标出结构的位置。据此,就绘制完成所有被试诊断生产活动的个人认知地图,并绘制出反映高级技工组综合评估结果的认知地图。

从5名高级技工的个人认知地图来看,在各元素的位置分布上具有明显的一致性:同心度( $\odot$ )和位移度( $\oplus$ )与主成分1(横轴)更加接近;而直径尺寸( $\Phi$ )、高低尺寸( $h$ )和光洁度( $\sqrt{\quad}$ )与主成分2关系更为密切。这种趋势反映在高级技工组综合评估结果的认知地图(图1)上,显得更为明确。而6名操作工的个人认知地图则特征各异,难以揭示出上述规律。

通过对不同层级被试的个人认知地图的对比分析,可以认为:

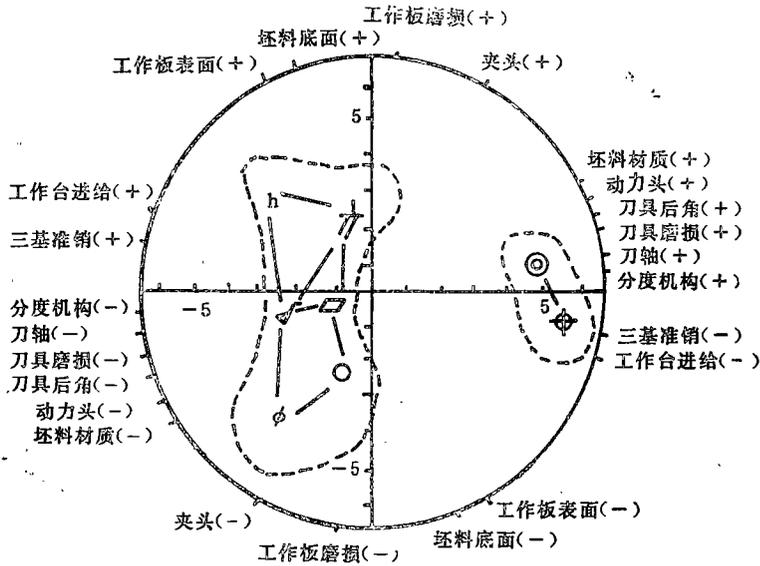


图1 高级技工诊断加工活动的认知地图

第一,高级技工(专家)之所以能迅速、准确地诊断人机系统的生产活动,其头脑中存在着具有共性特征的认知地图,有关生产活动的概念、规则按特定方式组合,对他们的诊断决策起导向作用。

第二,从认知地图的构成来看,高级技工的认知结构中都有着针对特定生产活动的最主要的问题类型和原因特征。从各元素、结构的排列位置可以看出它们存在明显的主次关系。也就是说,在某些情况下,高级技工并没有逐项去考虑各种问题及其原因,而是凭借认知地图中的主要内容就进行模糊评判或直觉思维,并能正确决策。可见,高级技工具有正确的认知结构是他们遇到“亦此亦彼”的复杂情况时能果断决策的关键所在。

### 3. 培训前后的认知地图对比分析

为了验证本研究有关高级技工认知模型的上述特征,并初步探讨这种认知策略对一般操作工复杂技能教学的可行性和成效,我们将高级技工组的认知地图提供的诊断策略,结合 z-14 机床的培训需求,编制出该工序常见问题因果分析表(表 2)。

培训实验以北京手表厂夹板类零件加工生产线 60 名操作工为被试,由生产主管部门按照同一岗位操作工轮换培训方式分班。本研究的 6 名 z-14 机床操作 I, I、II、III 号被试编入控制班; IV、V、VI 号被试编入实验班。统计结果表明,两班操作工在性别、年龄、本岗工龄、技术级别、文化程度、机械操作能力和专业知识测验等指标方面,均无显著差异。\*

在对比培训实验中,控制班采用常规培训方法,实验班则在培训内容、培训时间对等的前提下,运用心理模拟教学方法,让学员掌握高级技工(专家)认知地图所反映的诊断策略,如表 2 所示的常见问题因果分析表就是必须掌握的诊断模块。培训后考核结果表明,实验班 ( $\bar{x} = 81.30$ 分,  $S = 7.60$ ,  $SE_{D\bar{x}} = 1.39$ ) 取得了明显优于控制班 ( $\bar{x} = 70.07$ 分,  $S = 8.32$ ,  $SE_{D\bar{x}} = 1.52$ ) 的成绩 ( $P < 0.001$ ),而且这种差异主要来自有关心智技能的考核项目。\*

此后,我们对曾参加过因果分析调查,且培训前获得他们的个人认知地图的 6 名操作

\* 时勘,《现代技工培训心理模拟教学研究》,博士学位论文,中国科学院心理研究所印制,1990年8月。

表2 常见问题因果分析表

加工结果	原 因 分 析
Φ: 槽位偏移	1. 三基准销磨损, 三基准孔大或坐标超差; 2. 分度机构与滚子有脏物;
⊙: 台阶槽不同轴	3. 动力头位置调整不当。
h: 槽深浅尺寸不 稳 定	1. 进给系统动作不稳定, 因受温度和跑车时间等因素的影响; 2. 工作台进给动作不正确, 为液压系统故障或无慢进给; 3. 工作板磨损或沾有脏物, 螺丝松紧不一; 4. 坯料底面有毛刺、压伤或脏物。
Φ: 槽径尺寸不 稳 定	1. 刀轴径跳, 润滑不当而磨损, 或调整过松; 2. 夹头不正; 3. 坯料材质不好; 4. 刀具不合格。
√: 表面粗糙度 超 差	1. 刀具未及时刃磨; 2. 刀具材质欠佳; 3. 坯料材质不好; 4. 进给系统无慢进给。
□: 加工面与底面 //: 不平行	1. 工作板制造不合格; 2. 紧固螺丝松紧不一; 3. 坯料底面有毛刺、压伤或脏物。

工,在对比培训后再次进行了因果分析调查,并应用汇编栅格法绘制出他们的个人认知地图(参见附录二)。

在附录二的6个认知地图中,I、II、III代表控制班操作工;IV、V、VI代表实验班操作工。我们以高级技工组的认知地图(图1)为参照标准,来分析对比培训前后操作I个人认知地图的变化趋势。从控制班的个人认知地图来看,对比培训前后各元素的构成位置虽有一些变化,但仍难循出其共同规律;与专家的认知地图相比较,尚存在明显的不一致性。从实验班的个人认知地图来看,其水平方向位移的两个元素(⊙、Φ)在对比培训后,与垂直方向变化的其它元素之界面已比较明晰。各被试在元素位置分布上虽然还存在差异,但却共同表现出与专家的认知地图(图1)在构成方式上明显接近的趋势。上述对比分析的结果说明:

首先,实验班操作工的复杂技能教学之所以取得明显优于控制班的成效,主要是由于培训突出对作为认知能力的心智技能的训练,而培训内容和方法是依据汇编栅格法的研究结果设计,因此,实验班的培训效果主要是由本研究的实验处理带来的。

其次,实验结果初步验证了高级技工(专家)的认知地图不仅客观存在,而且依据它所揭示的诊断策略编制的培训材料还有助于提高技工的复杂技能,因此,它也是可操作的。

再次,应用汇编栅格法揭示的认知地图,作为评价技工认知水平的客观手段,不仅取得了与其它考核项目互为验证的一致结果,而且为分析被试的认知特征提供了不少新的信息,为解释现场准实验研究的某些复杂的因果关系提供了依据。此外,研究者曾与手表行业专家们采用认知地图来分析不同被试的技能培训成效,专家们使用该手段后认为,这种认知地图能够从生产活动中多因素交互作用的动态角度,直观而生动地反映人的认知差异。这些复杂情况在生产过程中经常遇到,但却难以用适当方式清晰地表述出来,而认

知地图则是一种有效的手段。看来,汇编栅格法作为对人机系统中专家认知结构进行功能模拟的一种新方法,不仅在揭示未知的认知结构方面是切实可行的,而且作为一种评估和训练技工复杂技能的手段,也具有可观的应用前景。

### 四、小 结

第一,本研究结果表明,在高级技工(专家)诊断人机系统生产活动的认知结构中,存在着对多因素交互作用下复杂情况进行诊断的认知地图,它以特定方式组合着常见的问题类型和原因特征,是制约技工复杂技能教学成效的关键要素。

第二,汇编栅格法是对人机系统中专家的认知结构进行功能模拟的一种有效方法,它不仅在揭示未知的高级技工认知结构时,以其直观的投射方式提供专家启发式策略的新信息,而且在培训和评估复杂技能方面具有可观的应用前景。

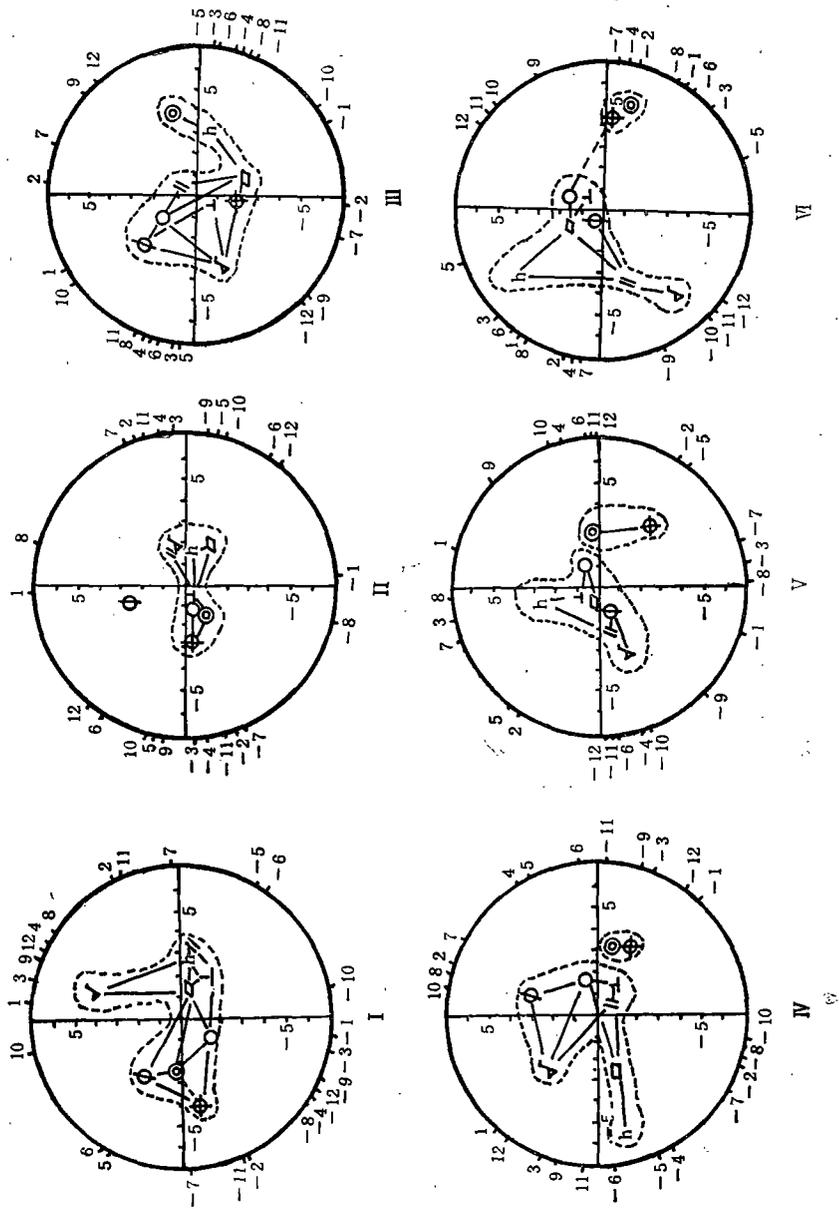
### 参 考 文 献

- [1] Ануфриев А.Ф. Психологические вопросы изучения профессиональной деятельности наладчика, «Психолого-педагогические проблемы профессионального учения». Изд. Моск. ун-та, 1979.
- [2] Latham, G.P. Human resource training and development, Ann. Rev. Psychol. 1988.
- [8] Wickens, C.D., Kramer, A. Engineering Psychology, Ann Rev. Psychol. 1985.
- [4] Галактионов А.И. Инженерная психология: «Тенденции развития психологической науки», Подред. Б.Ф. Ломова и Л.И. Анцыферовы, М. Изд «наука». 1989.
- [5] Rouse, W.B. A model of human decision making in fault diagnosis tasks that include feedback and redundancy, IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. 9: 1979b.
- [6] Kelly, G.A. The psychology of personal constructs, Norton, 1955.
- [7] Smith, J.M. An introduction to repertory grids—part two: Interpretation of results. In Graduate Management Research. London. 1986.

附录一 多工位联动机操作工因果分析调查表

姓名 \_\_\_\_\_ 年龄 \_\_\_\_\_ 岁 本岗工龄 \_\_\_\_\_ 年 工种 \_\_\_\_\_ 文化程度 \_\_\_\_\_ 填表时间 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

主要原因 (结构)	刀轴调整不当未夹紧刀具	动力头定位松动	工作台进给系统误差	分度机构磨损或垫有脏物	工作板表面(不均匀)磨损	工作板表面有脏物	三基准销孔配合不好	夹头装夹不正	刀具磨损	刀具后角偏小	坯料底面有脏物、压伤	坯料材质不好
常见毛病 (元素)												
Φ-直径尺寸(槽孔, 桩)												
h-高低尺寸(槽孔, 桩)												
○-圆度(槽孔, 桩)												
□-平面度(槽底面)												
◎-同心度(槽孔, 螺孔)												
⊕-位移度(槽孔, 凸台)												
⊥-垂直度(槽孔, 凸台)												
//-平行度(槽底面, 孔端)												
√-光洁度(毛刺、波纹、凸起)												



附录二 对比培训后操作 I 的认知地图

## A REPERTORY GRID METHOD STUDY ON COGNITIVE TACTICS OF SENIOR TECHNICIANS

Shi Kan      Xu Liancang  
*Institute of Psychology, Academia Sinica*

Xue Tao  
*Beijing Watch Factory*

### Abstract

In this study the cognitive tactics of senior technicians in man-machine system was proposed using repertory grid method. It was found that: 1) In the cognitive structures of senior technicians there are cognitive maps which can diagnose the complex factors, and the cognitive maps made up of breakdowns and cause characteristics with specially designated patterns. They are crucial effects in the training of complex skill. 2) The repertory grid method is an effective method in functional simulation of experts' cognitive structures. This method not only gives new information on the experts' heuristic tactics with its objective projection, exploring the unknown cognitive structures, but also has impressive applied prospects in the training and assessment of complex skill.

**Key words:** repertory grid method, senior technician, cognitive map, cognitive tactics, element, construct