

基于人的信息处理模型分析操作人员 视觉信息处理过程

金银花¹, 李楨业², 古 辉¹, 汤一平¹

(1. 浙江工业大学 信息工程学院, 杭州 310014; 2. 浙江工业大学 经贸管理学院, 杭州 310023)

[摘要] 报告了由知觉、思维、运动3个处理器和短期记忆、工作记忆和长期记忆构成的研究用计算机实现人的信息处理模型; 把人的信息处理模型安装在一台PC机上, 模拟生产操作人员监视锅炉厂模拟机计算机屏幕的过程表明, 视觉信息处理过程取决于画面因素、人的身心状态和知觉处理器参数等与实际生产操作人员的行为特征相符。此模型可以用来分析工业生产中人为操作失误的发生机制, 以预防和减少事故发生。

[关键词] 人的信息处理模型; 知觉处理器; 视觉信息处理; 心理状态; 人为操作失误

[中图分类号] TP391 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2007)05-0057-05

1 引言

随着计算机和自动化技术的发展, 在工业生产和管理中技术的信赖性不断得到提高, 操作人员通常只是通过计算机屏幕监测、控制生产的运行状况。但是不管机器系统如何发达, 需要做出复杂的判断, 预料之外的状况发生时还离不开人的工作。然而, 人容易受自身与环境的影响, 即使是一个操作技术熟练并且精神高度集中的人在操纵现代化设备的过程中也难免出现操作失误。而且随着生产规模的扩大, 事故一旦发生所造成的潜在损失和间接损失难以计算。所以, 以“人为中心”研究人与技术的关系, 观测和研究操作人员的行为特征, 建立人的信息处理模型, 解析人与生产系统的综合特征显得十分重要。

研究用计算机实现操作人员的知觉、思维、运动、记忆等信息处理过程和心理状态、注意力、身体位置等身心状态。通过模拟实验再现生产操作人员的视觉信息处理过程, 从操作人员的视觉、心理状态等认知科学的角度, 研究知觉过程中人为操作失误的发生机制。

2 人的信息处理模型

考虑身心状态的人的信息处理模型^[1]如图1所示, 它由知觉、思维、运动3个处理器和短期记忆、工作记忆和长期记忆构成, 它还考虑了人的心理状态、注意力、身体位置等身心状态对人的信息处理过程的影响。其中知觉处理器接受从外界的感觉刺激信息, 并把信息通过短期记忆传给思维处理器。思维处理器则运用经过短期记忆、工作记忆所获得的信息和长期记忆中的知识来对生产运行情况进行诊断。判明故障的原因时, 它可以把存储在长期记忆中的对应措施程序调到工作记忆中执行。当故障的原因很明显时, 执行基于技巧的行为程序。而当原因不明显时, 基于运行规则诊断故障的原因。如果这样仍然不能判明故障的原因时, 则基于长期记忆中的知识推测故障的原因, 并采取对应的措施。判断故障的准确度取决于操作人员对生产运行知识所掌握的程度和心理状态。运动处理器按着思维处理器的命令行动, 研究中的运动处理器主要模拟眼球和身体各个部分的运动功能。当生产处于正常运行状态时, 以一定的时间间隔周期性地移动

[收稿日期] 2006-04-22; 修回日期 2006-08-12

[基金项目] 浙江省留学回国人员科研启动基金资助项目

[作者简介] 金银花(1964-), 女, 吉林延吉市人, 博士, 浙江工业大学副教授, 研究方向为认知科学、脑科学、智能信息处理、人体信息论

眼球，扫描计算机屏幕监测是否发生异常情况，眼球做有规律的运动。一旦预测到异常状况时，视线转移到与该状况相关的画面要素上，操作人员的行为承受时间压迫感和心理状态的影响。记忆包括编码、保持、检索 3 个阶段，记忆受时间和容量的限制，记忆也受心理状态的影响。在项目研究中设置了 3 种记忆，即短期记忆、工作记忆和长期记忆。短期记忆的容量是有限的（大约能容纳 7 ± 2 条信息），经过一个相对短暂的时间间隔后（估计为 12 ~ 30 s），其中的信息会因为衰退而变得无法检索。工作记忆的时间和容量比短期记忆长，工作记忆中存在思维处理器的判断和信息处理过程的中间值以及长期记忆中被激活的信息。长期记忆能够容纳大量的信息并将这些信息维持一段相当长的时间。所研究的长期记忆中存在操作人员所掌握的生产运行知识。

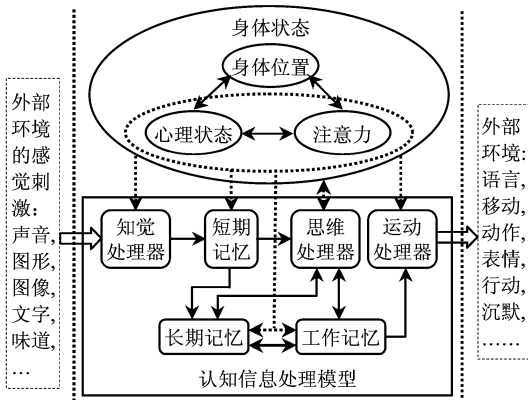


图 1 考虑身心状态的人的信息处理模型
Fig.1 Structure of a cognitive information processing model

3 知觉处理器

知觉处理器如图 2 所示^[1]。

众所周知，人类有视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉 5 种感觉和身体内部诸器官的内脏感觉、运动感觉、平衡感觉等等。人和动物至少有 9 种感觉来感受各种信息，其中视觉占 70%、听觉占 20%、其他感觉占 10%。知觉就是人脑对直接作用于感觉器官的客观事物整体的反映^[2, 3]。知觉处理器通过短期记忆，将信息传递给思维处理器。用下列公式表示知觉的各个参数：

$$P_s = P(s_a, s_1, s_2, \dots, s_9),$$

$$s_i = s_i(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

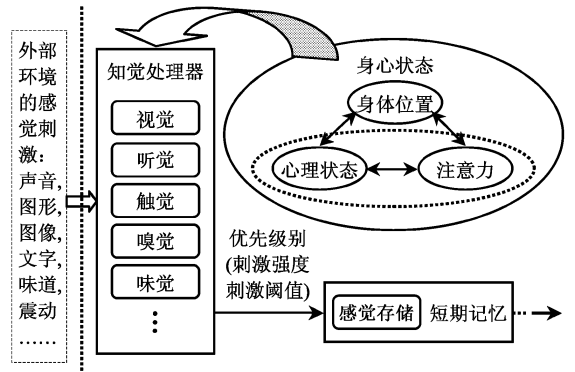


图 2 知觉处理器的构造
Fig.2 Structure of perceptual processor

其中 p_s 是知觉信息； s_a 是心理状态； s_i ($i=1, 2, \dots, 9$) 是各种感觉信息； x_n 是决定每种感觉信息的各个参变量。操作人员通过计算机屏幕监测并控制生产运行，知觉处理器对计算机屏幕中信息的处理依赖于人机接口和人的因素。例如知觉处理器所处理的画面信息包括显示屏幕上要素的形态 (x_1)、大小 (x_2)、画面要素与操作人员的注视点之间的距离 (x_3)、要素与屏幕背景间的颜色差异 (x_4)、数值显示大小 (x_5)、是否闪烁 (x_6) 等。听觉信息有报警声，知觉处理器通过短期记忆，将知觉信息传递给思维处理器。知觉的成功与否通过两个阈值来判定。较低的阈值对颜色感觉生效，较高的阈值对字符和数字的感觉生效。这两种阈值取决于操作人员的技术熟练程度，技术好的操作人员的这两个阈值都很小。

可以利用脑电图 EEG (electroencephalogram)、心电图 ECG (electrocardiogram)、视电图 EOG (electrooculogram)、呼吸活动 RSP (respiratory activities) 等生理信号来评价人的心理状态^[4~6]。研究重点考虑在紧急情况下操作人员能否顺利进行正常的理性思考。对于操作人员心理状态定义了 3 种模式：模式 A、模式 B、模式 C。其中模式 A 是自信状态，即操作人员能顺利判断生产运行状态，采取正确的对应措施，操作人员对操作步骤和措施有条不紊，处于一种有信心的状态。模式 B 是推测状态，即操作人员尚处于解决问题之中，虽然没有出现不安心态，但是操作人员还没有找出解决问题的方案。建立各种假设，思维模式比 A 更复杂。模式 C 是混乱状态，即操作人员不能正确把握生产运行状态，操作人员不知道该怎么做或因为状况

太复杂而不能自行处理，处于一种不安的心态之中。思维混乱，则容易发生操作失误。事实上在工业生产中，操作人员的心理状态、思维、行为和运行状态处于一种相互影响的复杂的关系之中。也就是说生产运行状态受到人的行为的影响；思维和行为受心理状态和生产运行状态的影响；而心理状态受人自身的思维、行为和运行状态的影响，也受工作负荷、工作环境的影响，在模式 A、模式 B、模式 C 之间变化。

操作人员使用计算机屏幕监测、控制生产运行状况，因此提出了注视点和视野^[7, 8]。视野的中心是注视点，视野的范围由操作人员的身体位置、离计算机屏幕的距离和人的心理状态决定。只有在视野内的数据才能被知觉处理器所觉察。在正常的生产状态下，操作人员会有规则地扫视显示屏幕，但是，一旦预测到异常状况时，操作人员会把他的注意力转移到与该状况相关的画面要素上。

4 实验结果

图 3 是锅炉厂模拟机的监视画面^[1]。画面上白色的圆圈表示操作人员的视野，视野的中心（白色的圆点）是注视点，图中 4 个粗箭头表示操作人员监视生产运行时的视野和注视点的移动方向。视野随着操作人员的心理状态和操作人员身体位置的变化而不同。实验中设定操作人员从左到右，从上到下以 0.3 s 的间隔移动注视点。分别在只改变人的信息处理模型的心理状态和知觉处理器的阈值情况下，对监视画面的视觉信息处理过程做了定量分析。其计算公式为

$$P_s = s_n (s_1 + s_2, \dots, + s_n),$$

$$s_i = (x_1/x_{i标} + x_2/x_{i标}, \dots, x_n/x_{i标}) \cdot$$

$$(x_i/x_{i标} = 1, x_i > x_{i标})$$

图 4 是知觉处理器的阈值为 0.1，操作人员的心理状态各为模式 A、模式 B、模式 C 时，从左上

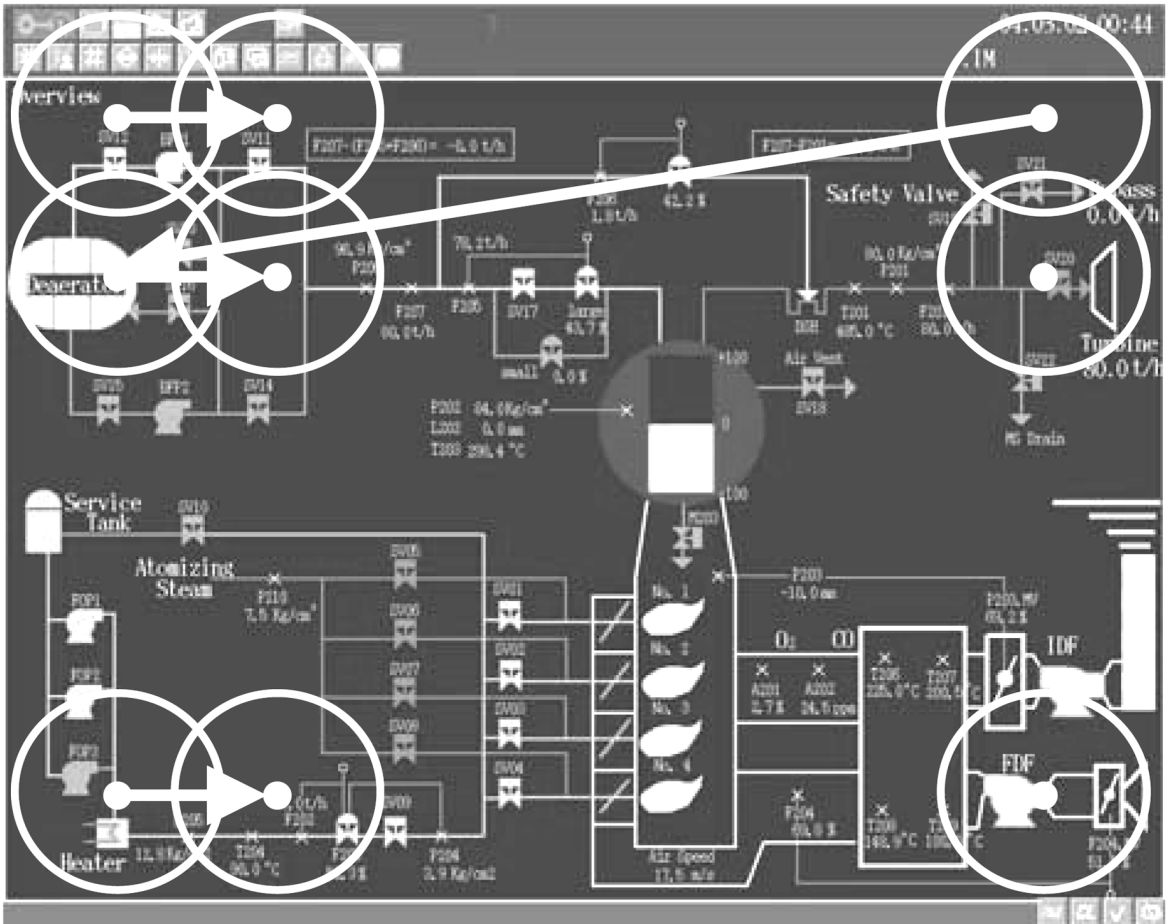


图 3 锅炉厂模拟机的监视画面中视野与注视点的移动

Fig.3 One of overview panels of plant simulator

角到右下角监视整个监视画面的视觉信息处理过程。觉察到的画面信息个数随着心理状态的 A, B, C 的变化而减少。例如知觉处理器的阈值为 0.1、注视点在往右 11 cm 往下 25 cm 时, 心理状态为 A, B, C 时分别觉察到了 7, 2, 1 个信息; 注视点在往右 17 cm 往下 25 cm 时, 心理状态为 A, B, C 时分别觉察到了 9, 7, 3 个信息。说明因为心理状态的从 A 到 C 的变化, 操作人员有时觉察不到生产运行的变化。

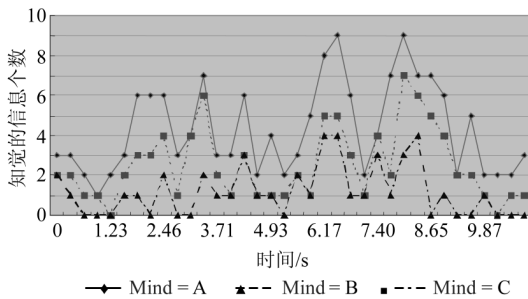


图4 觉察到的信息个数(1)

Fig.4 Number of perceived information (1)

图5是在心理状态一定、知觉处理器的阈值变化时, 操作人员监视生产运行的过程。觉察到的信息画面个数随着知觉阈值的变大而减少, 例如心理状态 A, 注视点在往右 11 cm 往下 25 cm 时, 知觉处理器的阈值分别为 0.1, 0.2, 0.3 时觉察到了 7, 5, 3 个画面信息; 注视点在往右 17 cm 往下 25 cm 时, 知觉处理器的阈值分别为 0.1, 0.2, 0.3 时觉察到了 9, 9, 8 个画面信息。这说明操作人员对生产运行不熟练时, 容易忽视生产运行的变化。

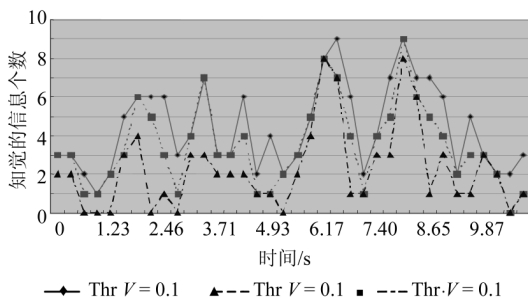


图5 觉察到的信息个数(2)

Fig.5 Number of perceived information (2)

从图4、图5也可以观察到心理状态和知觉处理器的各种参数一定时, 视觉信息处理过程随着注视点的移动而时刻发生变化。有时一个信息也没有觉察到, 最多时觉察到了9个信息。这是因为在画

面上的信息不是均等分布的缘故。操作人员觉察到的画面信息个数随着监视画面中设定的信息个数的变化而不同, 即操作人员觉察到的信息个数受画面信息的大小、信息在屏幕中的位置、颜色、形状等的影响而时刻发生变化。

设计监视画面时为了提高知觉率, 预防人为操作失误的发生, 要求用鲜艳的、引人注目的颜色, 把画面信息表示的大一些, 但是计算机屏幕的大小有限, 必须在有限的空间, 把生产运行中必要的信息, 按着人的视觉特点, 显示在监视屏幕上, 这是设计高质量人机接口的关键所在^[9~11]。可以使用人的信息处理模型, 在设计阶段就反复就进行评价, 找出人机接口中存在的各种细微问题, 以支援人机接口的智能设计。

5 结论和展望

用人的信息处理模型模拟了操作人员监视锅炉厂模拟机计算机屏幕的过程。实验表明, 知觉过程受人的心理状态、知觉处理器的各种参数、以及信息在监视屏幕的分布设定等的影响而变化, 实验结果与模拟训练中观察到的实际生产操作人员的行为特征相符。今后将在此研究的基础上继续研究人的记忆过程。使用人的信息处理模型, 可以从“人的因素”着手解析人与生产系统的综合特征, 通过模拟实验从人的认知信息处理的角度, 研究实际生产中人为操作失误的发生机制和预防措施, 及时消除事故隐患。将在由多台计算机构成的实验平台上, 对模型的可行性进行分析, 并把研究成果应用到实际工业生产和管理之中。

参考文献

- [1] Jin Yinhua, Yamashita Y, Nishitani H. Human Modeling and simulation for plant operations [J]. Computers and Chemical Engineering, 2004, 28: 1967~1980
- [2] 古田一雄. プロセス 知工学[M]. KAIBUNTO, 1998
- [3] Cegarra J, Hoc J-M. Cognitive styles as an explanation of experts' individual differences: a case study in computer-assisted troubleshooting diagnosis [J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2006, 64(2): 123~136
- [4] Kurooka T, Yamashita Y, Nishitani H. Mind state estimation for plant support [J]. Computer and Chemical Engineering, 2000, 24: 551~556

- [5] Sebanz N, Bekkering H, Knoblich G. Joint action: bodies and minds moving together [J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2006, 10(2): 70~76
- [6] 韦 钰. 脑与教育学习札记(8)[EB/OL]. <http://blog.handsbrain.com/weiyu/archive/2005/11/30/12934.html>, 2005-11-30
- [7] Pollatsek A, Reichle E D, Rayner K. Tests of the E-Z reader model: exploring the interface between cognition and eye-movement control [J]. *Cognitive Psychology*, 2006, 52(1): 1~56
- [8] 福田忠彦. 生体情報システム論 [M]. 日本: 書, 1995
- [9] 吉川 和, 古田一雄, 中川用雄, 等. 原子力におけるヒューマンモデル研究の現状と 用領域の展望 [J]. *原子力学会*, 1999, 41(1): 2~14
- [10] James R. *Human Error* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990
- [11] Erik H. *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* [M]. Elsevier, Alden Group, Oxford, 1998

Analysis of Operator's Visual Process Using a Cognitive Information Processing Model

Jin Yinhua¹, Li Zhenye², Gu Hui¹, Tang Yiping¹

(1. *College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China;*

2. *College of Business and Administration, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China*)

[**Abstract**] A cognitive information processing model has been developed. It consists of a perceptual processor, a cognitive processor, a motor processor and a short-term, a working, and a long-term memory. The model is installed on a PC to analyze the visual process of the operator monitoring the overview panel of plant simulator. Visual process is decided by characteristic of panel information, operator's factors, and parameters of perceptual processor and so on. The simulation results coincide qualitatively with observations of actual plant operations and simulator training. This model can be used to analyze the generation mechanism of various types of human errors.

[**Key words**] cognitive information processing model; perceptual processor; visual process; mental state; human errors