

## 基于事件的空中交通管制员情境意识的测量\*

杨家忠<sup>1</sup>, 曾艳<sup>1</sup>, 张侃<sup>2</sup>, Esa M. Rantanen<sup>3</sup>

(1. 中国民航飞行学院, 四川广汉 618307; 2. 中国科学院心理研究所, 北京 100101; 3. Rochester Institute of Technology, Rochester, NY, USA)

**摘要:**目的 提出基于事件的空中交通管制员情境意识的测量方法。方法 采用少与多航空器条件下的雷达管制模拟任务, 综合利用这种新的测量方法、情境意识主观评定、心理负荷评定、飞行冲突数等指标, 检验基于事件的情境意识测量方法的敏感性与效度。结果 在少与多航空器条件下, 被试者对高度请求事件觉察的快慢存在显著差异; 在多航空器条件下, 该方法测量的情境意识对管制过程中出现的飞行冲突量具有预测作用; 在少航空器条件下, 该方法测量的情境意识与主观评定测到的情境意识呈负相关, 与实时管制负荷评定正相关, 但是都不显著。结论 基于事件的情境意识测量方法符合主流的情境意识定义, 具有良好的敏感性、诊断性和预测效度、无干扰性, 但是该方法的构念效度仍需要进一步检验。

**关键词:**情境意识; 空中交通管制员; 心理负荷; 基于事件

**中图分类号:** R857.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-0837(2008)04-0321-07

Event-based Assessment Technique for Measuring Air Traffic Controller's Situation Awareness. YANG Jia-zhong, ZENG Yan, ZHANG Kan, Esa M Rantanen. Space Medicine & Medical Engineering, 2008, 21(4): 321 ~ 327

**Abstract: Objective** To develop event-based method for measuring air traffic controller's situation awareness (SA). **Methods** The radar control scenarios were simulated with few aircrafts and many aircrafts. SA data from event-based method and situation awareness rating technique (SART), mental workload ratings from air traffic workload input technique and NASA TLX, number of flight conflicts, actual task load, etc were comprehensively applied to explore the sensitivity and validity of event-based situation awareness assessment technique. Events of down linked altitude request were posed to air traffic control trainees. **Results** The subjects detected the down linked altitude request significantly faster under few aircraft than under many aircraft scenarios. The event-based SA could predict the number of flight conflicts occurred under many aircraft scenarios. Under few aircraft scenarios, negative correlation was found between SA data from event-based technique and SART, and positive correlation was also found between event-based technique (reaction time) and air traffic workload input technique, but none of them were significant. **Conclusion** Event-based SA assessment technique shows sensitivity, diagnostic capacity, predictive validity, and no intrusion. It enriches the measurement of situation awareness. However, more researches are needed to assess the utility of it as a metric of SA.

**Key words:** situation awareness; air traffic controller; mental workload; event-based

**Address reprint requests to:** ZHANG Kan. Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

情境意识 (situation awareness, SA) 是个体对不断变化的外部环境的外部表征<sup>[1]</sup>。在复杂、动态变化的空中交通管制环境中, 它是影响管制员决策和作业表现的关键因素, 失去情境意识而不能完成复杂的认知任务可能会导致灾难性的后果<sup>[2]</sup>。研究者通常从过程 (process) 与产物 (product) 两个方面来理解情境意识<sup>[3]</sup>。持产物

论的研究者认为, 情境意识是操作者在特定的时间对特定情境进行认知加工的结果; 持过程观点的研究者则强调 SA 的获取过程, 即操作者在任务过程中是如何形成与保持情境意识的。当前, 绝大多数研究者在研究中都持产物论观点, 其中以 Endsley 为代表, 她将情境意识分为 3 个水平: 1) 情境意识水平 1, 知觉和注意环境中的重要线索或元素; 2) 情境意识水平 2, 综合理解不同来源的信息; 3) 情境意识水平 3, 即预测未来的状态或事件<sup>[4]</sup>。

修回日期: 2007-09-20

通讯作者: 张侃 zhangk@psych.ac.cn

\*基金项目: 国家自然科学基金资助 (60472113/F01, 30700237/c010805)

与心理负荷一样,情境意识不能通过行为直接观察,它的测量同样存在敏感性、选择性及预测效度等问题<sup>[5]</sup>。到目前为止,尚没有一种满足这些标准的技术<sup>[1]</sup>,因此,如何准确地测量管制员的情境意识仍是一个重要的研究问题。

根据 Endsley 情境意识水平的分类,管制员的情境意识涉及知觉、理解与预测 3 个认知阶段。如果他们对事件的反应能够在这 3 个阶段上有所反映,则可以将不同认知阶段所经历的时间作为情境意识水平的指标。

本研究采用的雷达管制模拟任务包括多项次任务,其中之一就是管制员要对飞行员通过数据链 (data link) 提出的高度请求事件进行知觉并给予拒绝、许可或等待的处理。在 30 min 的雷达管制模拟任务进程中,每间隔 4~6 min 左右的时间启动高度请求事件,要求被试者在知觉此请求后进行处理。管制员对高度请求事件的处理可分为两个步骤,从该事件启动到被试者点击高度请求提示符的时程,反映被试者对事件的知觉;点击请求提示符,出现请求处理指令菜单出现,到被试者最后发送某一指令的时程,反映被试者对事件的理解与预测。根据 Endsley 情境意识水平的分类,前一个步骤的反应时可以记录为水平 1 的情境意识 (SA 1),后一个步骤的反应时可以记录为水平 2 & 3 的情境意识 (SA 2 & 3)。本实验通过管制员对高度请求事件的反应来测量情境意识,并检验该方法的敏感性与效度。

## 方 法

**被试者** 中国民航飞行学院空中交通管制专业 51 名男生参加实验,年龄在 20~24 岁之间,视力正常,色觉正常。被试者都接受过相同时间的雷达管制模拟训练,熟悉雷达管制操作,知道航空器在区域飞行时的间隔标准。

**实验仪器** 雷达管制模拟任务用 C++ 编写,程序运行在 BM 兼容机上,使用 19 寸彩色显示器,显示分辨率为 1 280 × 1 024 像素,刷新频率 75 Hz。程序可以较为逼真地模拟雷达管制环境,能够以时间序列的形式记录管制员在任务过程中的所有键盘与鼠标操作行为。通过此程序,研究者可以灵活地设置空中交通管制的复杂度,及其他实验条件。

**任务情境** 雷达管制模拟任务中采用的扇区图见图 1,扇区大小为 110 km × 110 km。图中 A、B、C 等字母表示航路点,意味着管制员要在航空器进入或退出航路点之前接受或移交它;字母之间的连线表示航路;航路之间标示的角度为航空器沿着预定航路飞行时,航迹之间的夹角。若两航空器有潜在飞行冲突,这个角就称为冲突角。

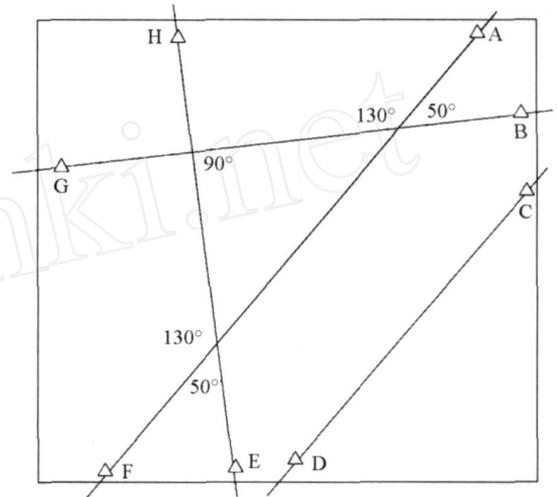


图 1 实验使用的空域图

Fig 1 Airspace design for the experimental scenarios

**实验任务** 实验过程中,被试者需要以数据链通讯的方式执行如下的 5 项管制任务:

1) 接受移交:在航空器飞越扇区进入点之前,其标牌开始闪烁。被试者应该通过点击航空器的呼号接受移交,在点击航空器的呼号后,在其当前的飞行高度数字前会出现“R”,表示该航空器已处在管制之下。

2) 发送移交指令:在点击航空器呼号后,其标牌开始闪烁。在下一个扇区的管制员接管该航空器后,数据标签停止闪烁,在标牌的第 4 行出现通话频率。

3) 陆空通话:在标牌的第 4 行出现通话频率后,被试者应该点击通话频率与飞行员通话,要求飞行员与该频率的管制区联系。

4) 冲突解脱:如果两架航空器在最接近点时的侧向间隔小于 10 km,或飞行高度在 8 400 m 以下时,垂直间隔小于 300 m,就表示有冲突发生。被试者可以通过 3 种方式来解除潜在的冲突:改变高度;改变航向;改变速度。

5) 处理高度请求:在每一情境模拟中,大约每间隔 4~6 min,飞行员会通过数据链提出改变

飞行高度的请求,此时航空器的呼号右边会出现一个向下的箭头,提示目前有请求需要处理,被试者可以给予许可、拒绝或要求等待。情境模拟过程中,共有 6 次高度请求。

**实验程序** 实验之前向被试者简要介绍实验的性质及实验环境,由被试者填写知情同意书及个人背景资料。先向被试者讲解并演示实验任务 30 min,然后按照实际实验时的流程完成一个 30 min 的练习任务。在正式实验前,要求被试者填写雷达管制模拟任务练习后问卷,以 10 点评定的方式了解被试者对实验任务操作的熟悉程度,以及实验前的练习是否充分,如果评定低于 8,就重新向被试者讲解操作方法。同时要求被试者评定雷达管制模拟程序的逼真度。

模拟任务包括少航空器与多航空器两个情境,每一情境持续 30 min,采用顺序平衡的方式进行。被试者完成 2 个情境任务,持续时间约为 1.5 h。采用 NASA 任务负荷指数量表来评定被试者的心理负荷,首先要求被试者在电脑上对量表中涉及的 6 个元素(脑力需求、体力需求、时间紧迫、作业表现、挫折水平、努力程度)进行配对比较,以确定每一元素的权重<sup>[6]</sup>,将用于计算被试者在任务情境中的总的心理负荷。

在实验过程中,每间隔 5 min 左右,即在高度请求事件之前或之后的 1 min,在任务情境的右侧浮现 10 点评定标尺,要求被试者在不降低管制作业表现的前提下,评定知觉到该标尺时的心理负荷水平,这种方法称为管制负荷实时评定技术(air traffic workload input technique, ATW II),它可以实时地评定管制负荷,具有信度高、干扰性低的特点<sup>[7]</sup>。在 30 min 的模拟实验里,共进行 6 次 ATW II 评定。

在任务情境结束后,被试者在电脑上对 NASA 任务负荷指数量表中的每一元素进行主观评定<sup>[5]</sup>,以纸笔的方式填写三维情境意识评价量表(situation awareness rating technique,简称 SART;使用 100 mm 线法,可以在 0~100 之间任意取值)<sup>[8]</sup>,即从注意资源的需求、注意资源的供给及情境理解 3 个维度对情境任务进行主观评价<sup>[1]</sup>。

**实验设计** 实验采用两水平的单因素被试内设计。自变量为同时在管制扇区内的航空器数,

分少航空器与多航空器 2 个水平。在少航空器条件下,管制扇区内的航空器平均为 4.59 架;在多航空器条件下,管制扇区内的航空器平均为 8.38 架( $t = -8.78, P < 0.001$ ),有显著差异。在没有改变高度许可的情况下,扇区内所有的航空器都处于平飞状态(即飞行高度保持不变)。2 种条件下航空器的垂直间隔与水平间隔标准相同,航空器的飞行速度、航空器的冲突角及潜在冲突数无差异。

因变量分 3 类: 情境意识; 心理负荷; 作业表现。

1) 情境意识变量包括 2 类。一是基于事件测量的情境意识,以事件出现到被试者觉察的反应时作为水平 1 的情境意识,从被试者点击高度请求提示符到最后给出管制指令的时间作为水平 2 与 3 的情境意识。在实验中,采用了 6 次高度请求探测事件,在数据分析时,以被试者对这 6 次事件的平均反应时作为情境意识得分。二是采用三维情境意识评定技术(SART 3D)<sup>[8]</sup>,被试者的情境意识总分由公式:  $SA = \text{情境理解} - (\text{注意资源需求} - \text{注意资源供给})$  计算。

2) 采用 NASA TLX 问卷得到的心理负荷总分; ATW II 实时评定技术有两个数据从理论上讲可以反映被试者的心理负荷,一是心理负荷评定分,二是对评定标尺的反应时,反应时越长,说明被试者当时的心理负荷越大。

NASA TLX 心理负荷评定采用 Likert 7 点评定技术(1~7),主观评定体验到的心理负荷。根据被试者在 NASA-TLX 6 个维度上的评分及每个维度的权重计算总的心理负荷<sup>[6]</sup>,即:

$$\text{workbad} = \frac{\sum_{i=1}^6 e_i \times w_i}{15} \quad (e \text{ 表示 NASA TLX 中的}$$

维度评分,  $w$  表示该维度的权重)。

3) 被试者的作业表现有两个指标: 实际任务负荷指数(actual task load index, TLA)及被试者在管制作业中出现的冲突数(bss of separation, LOS)。实际任务负荷指数的计算根据实验中记录到的被试者的作业表现。在记录的总共 12 个任务或事件中(接受移交,发送移交指令,陆空通话,高度、航向、速度菜单操作,数据链反应,标牌移动,保护环开关,冲突解脱,及心理负荷探测反

应),冲突解脱与心理负荷探测不计入总的任务时间需求,因为冲突解脱与高度、航向与速度菜单操作是重叠的;而主观评定心理负荷与管制任务无关,且对所有的被试者与实验情境都是等同的。从余下的 44 624 条记录中,有 12 160 条记录因为执行任务的时间需求(动作结束时间 - 动作开始时间)为负值而被删除,这可能与计算机不能可靠地追踪被试者所有的键盘与鼠标操作有关;7 606 条记录的值超过 250 s 被去除,因为这些行为无法解释。因此,TLA 的计算根据 24 858 条记录。一些零时程的时间需求行为归为鼠标单击动作,以 0.1 s 赋值。实际任务负荷指数实际上是作业绩效的反映,表明被试者对各个任务或事件反应的快慢。TLA 越小,就说明作业绩效越好。

以 5 min (300 s) 作为一个时段,计算被试者在少航空器与多航空器条件下的 TLA。计算公式

$$\text{如下: } TLA = \frac{\sum_{n=1}^n TR_n}{TE}$$

公式中,  $TR_n$  为该时段中第  $n$  项任务的时间需求 (time required),  $n$  为时段中的任务数,  $TE$  为该时段的时长,即 300 s。假设  $TE = TA$ ,这意味着该时段的时间为管制员可以利用的执行任务的时间 (time available),  $TLA$  为  $TR$  与  $TA$  之比。

## 结 果

以被试者对情境中所出现事件的反应来测量情境意识,有两个方面应该考虑。首先,它必须同其他测量方法一样,具有敏感性。其次,反应时反映的应该是情境意识而不是心理负荷,这涉及到构念效度问题。同时还应能够预测操作者的作业

表现,这涉及到预测效度的问题。被试者在觉察到高度请求事件后,所发出的指令有“许可”、“等待”与“拒绝”3种。如果许可高度请求会导致飞行冲突,被试者应该发出“等待”或“拒绝”指令,而不应该是“许可”指令。分析发现没有被试者发出错误的“许可”指令。因此,被试者对高度请求事件的反应都是正确的,反应时数据都纳入统计。计算被试者对 6 次高度请求事件反应时的平均数 (SA 1, SA 2 & 3), 6 次 ATW II 负荷评定与 ATW II 反应时的平均数, 6 个时段的实际任务负荷指数 TLA 平均数及飞行冲突数,用 SPSS13 对这些数据进行统计分析。

**练习后问卷分析** 在正式的实验任务开始之前,被试者完成练习后问卷 (10 点评定),目的在于了解被试者对操作方法的熟悉程度、评定实验程序的逼真度等。分析表明,被试者熟悉程序的操作方法 (9.60 ± 0.50); 实验前的练习是充分的 (9.00 ± 1.05); 实验程序能够比较逼真地模拟雷达管制任务 (7.3 ± 1.6), 76.7% 的被试者对逼真度的评分都在 7 分以上。

**敏感性分析** 实验采用了两种条件,可以对该种测量方法及其他已有的一些方法进行对比。采用重复测量方差分析的方式分别评估基于事件的情境意识测量、心理负荷评定、及情境意识的三维评定法的敏感性。

在上述测量中,管制负荷实时评定技术的反应时指标在少与多航空器条件下的差异不显著 ( $P = 0.28$ ); 基于事件的 SA 测量中, SA 2 & 3 在两种条件下的差异也不显著 ( $P = 0.17$ ); 其他测量指标都达到显著,说明基于事件的情境意识

表 1 被试者的情境意识、心理负荷,作业表现在二种航空器水平的比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 Comparisons of situation awareness, mental workload, and performance across few aircrafts and many aircrafts ( $\bar{x} \pm s$ )

	measures	few aircrafts	many aircrafts
SA	event-based SA: SA 1 (s)	10.02 ± 3.14	15.66 ± 4.79***
	event-based SA: SA 2 & 3 (s)	3.92 ± 0.84	4.10 ± 0.92
	SART 3D SA	118.92 ± 32.96	83.04 ± 24.42***
	ATW II rating	1.70 ± 0.57	3.03 ± 1.23***
mental workload	ATW II reaction time (s)	2.00 ± 0.36	2.05 ± 0.38
	NASA TLX	2.77 ± 0.93	3.89 ± 1.03***
	LOS (number)	0.86 ± 0.85	2.91 ± 1.35***
performance	TLA	0.077 ± 0.024	0.108 ± 0.026***

Note: \*\*\*  $P < 0.001$  as compared with few aircrafts; SA 2 & 3  $F(1, 50) = 1.99$ ,  $P = 0.17$ ; ATW II response latency  $F(1, 50) = 1.19$ ,  $P = 0.28$

测量方法在 SA 1 层面 (对事件的知觉)与 NASA TLX 等测量方法一样,也具有较好的敏感性。

从表 1 与上面的方差分析结果可以看出,在基于事件的情境意识测量中,多航空器条件下,被试者的反应时显著长于少航空器条件下的反应时。可以有两种解释:1)根据 Endsley 的情境意识分类,它反映的是操作者对环境元素的知觉,为第一水平的情境意识,即在少航空器条件下,被试者的情境意识较好;2)被试者的反应时明显长也可以解释为心理负荷在多航空器条件下更高,长反应时实际上是高心理负荷的反映。因此,尚需要确定该方法测量的究竟是心理负荷还是情境意识,即需要验证该方法的构念效度。

**构念效度** 在 30 min 的模拟任务里,高度请求事件与管制负荷评定都是每隔 4~6 min 左右启动一次,高度请求事件在管制负荷评定之前或之后的 1 min 左右启动。因此,可以将基于高度请求事件测量的情境意识与实时的管制负荷评定进行相关分析。如果这两者之间显著相关,可以说明被试者对高度请求事件的反应时反映的是心理负荷的大小。

为了辨别哪种解释更可能,在不同航空器条件下,将基于事件测量的情境意识与 SART 3D 主观评定的情境意识,及实时评定的管制负荷进行相关分析,结果见表 2。从表中可以看出,在少航空器条件, SART 3D 测量的情境意识与基于事件测量法的情境意识呈负相关,但相关不显著,其中 SA 1 与 SART 3D 情境意识的相关为  $r(51) = -0.24, P = 0.09$ ;多航空器条件下相关方向不一致。心理负荷与基于事件测量法的情境意识在少

航空器条件下正相关,也不显著;在多航空器条件下,表示事件理解与预测的反应时数据与心理负荷呈负相关 ( $r = -0.20, P > 0.1$ ),说明在心理负荷较大时,被试者对高度请求事件的理解与预测有加快的趋势。

**预测效度** 评价一种测量方法是否具有科学性的另一个重要指标就是预测效度,即基于事件测量的情境意识测量能否有效地预测作业表现。从表 3 可以看出,在多航空器条件下,SA 1 与实际任务负荷指数显著正相关 ( $r = 0.30$ ),即被试者第一水平的情境意识越差 (对高度请求事件的反应时越长),其实际任务负荷就越高;SA 2 & 3 与飞行冲突数显著正相关 ( $r = 0.38$ ),表明被试者第二与第三水平的情境意识越差 (对高度请求事件理解与预测的反应时越长),发生的飞行冲突越多。在少航空器条件下,SA 1, SA 2 & 3 与实际任务负荷正相关,与飞行冲突数也正相关。从表 3 也可以看出,在少与多航空器条件下,高度请求事件的反应时与实际任务负荷指数多呈正相关,在很大程度上说明该事件没有导致被试者的注意指向出现偏移。

以 SA 1 与 SA 2 & 3 作为预测变量,分别以被试者实际任务负荷指数与冲突数为因变量,进行逐步回归分析,考察预测变量可以解释多少因变量的变异。在少航空器条件下,SA 1 与 SA 2 & 3 皆不能预测实际任务负荷与发生的飞行冲突;在多航空器条件下,SA 1 可以有效地预测实际任务负荷  $F(1, 49) = 4.72, P < 0.05, R^2$  调整 = 0.07; SA 2 & 3 可以有效地预测发生的飞行冲突数  $F(1, 49) = 6.82, P < 0.05, R^2$  调整 = 0.10。

表 2 基于事件测量的情境意识与 SART 情境意识及 ATW II 心理负荷的相关  
Table 2 The correlation coefficients between event-based SA and mental workload

item s	few aircrafts		many aircrafts	
	SA 1	SA 2 & 3	SA 1	SA 2 & 3
SA (SART 3D)	- 0.24	- 0.13	0.03	- 0.09
mental workload (ATW II)	0.22	0.07	0.05	- 0.20

表 3 基于事件测量的情境意识与实际任务负荷指数及飞行冲突的相关  
Table 3 The correlation coefficients between event-based SA and TLA and LOS

item s	few aircrafts		many aircrafts	
	SA 1	SA 2 & 3	SA 1	SA 2 & 3
TLA	0.24	0.15	0.30*	- 0.06
LOS (number)	0.23	0.18	- 0.02	0.38*

Note: \*  $P < 0.05$  as compared with few aircrafts

## 讨 论

在实际的管制作业中,管制员情境意识的高低反映其对情境中一些事件或信息的敏感性程度,这种敏感性受限于操作者已有的知识、经验及目标的激活等因素。操作者越是能够快速、准确地识别情境中的事件或动态变化的信息,理解其意义,并预测可能的发展,就越能够表明具有良好的情境意识,这是情境意识概念提出的原始依据。从理论上讲,若操作者具有良好的情境意识,也就能更快、更准确对情境中出现的事件进行反应。因此,基于内置在管制情境中的事件,根据操作者对事件的反应来测量情境意识,存在理论基础。

实验结果表明,在少与多航空器条件下,被试者对高度请求事件觉察的快慢存在显著差异,说明基于事件的情境意识测量方法表现出较好的敏感性。

与情境在线评估技术一样<sup>[9]</sup>,基于事件的情境意识测量方法也是以反应时指标作为被试者的 SA 指标。Jones 与 Endsley<sup>[10]</sup>在检验在线评估技术的构念效度时发现,被试者回答提问的反应时与情境意识综合评定技术<sup>[1]</sup>所测量的 SA 之间存在比较弱、但是显著的相关,同时也与心理负荷显著相关。由此推断该技术的测量反映了被试者某些方面的情境意识,但是,它作为一种测量 SA 的方法还需要进一步分析。

本研究以被试者对高度请求事件的反应作为情境意识的指标,也面临在线评估技术同样的问题,即反应时反映的是情境意识还是心理负荷。在本研究中,少航空器条件下,基于事件测量的情境意识与 SART 3D 情境意识呈负相关,与 ATW II 负荷评定呈正相关,但是相关系数都不显著。理论上,情境意识与心理负荷都影响操作者的表现。因此,我们可以推断,表示对事件的探测、理解与预测的反应时数据可能既在一定程度上反映被试者的情境意识水平,也部分反映心理负荷的高低,是这两者共同作用的结果。

虽然从实验数据分析上不能完全证实被试者对高度请求事件反应的快慢仅表示情境意识的高低,但是,本研究中被试者对高度请求事件的反应完全符合 Endsley<sup>[4]</sup>的情境意识定义。从这个角度讲,基于事件的情境意识测量方法具有构念效

度。

在少航空器条件下,基于事件测量到的情境意识与实际任务负荷、飞行冲突数呈正相关。虽然在统计学意义上不显著,但在方向上完全符合预期。在多航空器条件下,该方法测量的情境意识对作业绩效具有预测作用,说明基于事件的情境意识测量在一定程度上具有预测效度。

有研究者根据情境意识的时空特性与任务特点提出全局情境意识(global situation awareness)与局部情境意识(local situation awareness)的分类<sup>[11]</sup>。本文仅根据高度请求事件测量被试者的情境意识,尽管在多航空器条件下表现出良好的预测效度,但是从理论上讲,它更多地反映局部的情境意识,即对高度请求事件的情境意识,而不是对全局意识的反映,这可能是该方法测得的情境意识不能有效预测被试者在少航空器条件下的作业绩效的原因,构念效度不能得到验证可能也有此方面的原因。因此,为了增加这种测量方法获得的情境意识对全局意识的代表性,在后续研究中,同时设计多种类似高度请求的事件就显得非常必要。

基于事件的情境意识测量方法是以操作者的次任务绩效作为情境意识的指标,属于绩效测量范畴。已有的一些利用次任务方法测量情境意识的研究,选取的次任务多是飞行高度偏差、距离估计等连续变化的指标,而非某种必须采取特定反应的事件,操作者是否采取操作行为多半根据自己的判断,而不具有强制性。Pritchett 等<sup>[12]</sup>针对有关飞行员情境意识研究的绩效测量方法提出了 3 点建议:1)应该采用参与者必须采取操作行为的情境,且其行为应该是可测量的;2)应采用涉及使用标准操作程序的情境,程序会要求采取特定反应,这样以便于推测相关的 SA;3)采用对信息没有什么把握的情境,或者觉得特定行为可能会违反标准程序的情境。与既有的次任务绩效测量不同的是,本研究采用的高度请求事件,管制员必须采取某种特定的操作行为,这样就可以将被试者的反应直接与情境意识的定义对应起来,有效地反映出操作者不同水平的情境意识,将对特定事件的知觉视为水平 1 的情境意识,将该事件的理解与预测视为水平 2 和水平 3 的情境意识。相对于以次任务的整体作业绩效作为情境意

识为指标(如对某一事件的反应时,或出现的飞行高度偏差),这种方法也更具有诊断性。操作者的情境意识比较差,此方法可能能够给予比较好的解释,如,是因为情境中的某些元素不易觉察,还是理解与预测困难。

另外,本研究使用内嵌的离散性质的任务来测量情境意识,由于任务是管制员常规作业的一部分,因此,不存在干扰性的问题。从表 3 的数据分析结果可以看出,由于处理来自飞行员的各种请求是管制任务的一部分,被试者就很难猜测到该项次任务起情境意识探测作用,其注意指向不会有意识偏向该任务,而影响到其他任务的绩效。

## 结 论

基于事件的空中交通管制员情境意识测量方法符合主流的情境意识定义,从测量的评价标准看,该方法具有良好的敏感性、诊断性和预测效率,对管制员的作业绩效没有干扰性,但是这种方法的构念效度仍需要进一步验证。

## [参考文献]

- [1] YANG Jiazhong, ZHANG Kan. Situation awareness: approaches, measures and applications[J]. *Advances in Psychological Science*, 2004, 12(6): 842-850.
- [2] Durso FT, Gronlund SD. Situation Awareness [M]. In: Durso FT, Nickerson RS, Schvaneveldt RW, et al eds. *The Handbook of Applied cognition*. New York: Wiley,

1999: 283-314.

- [3] Anonymous. Summary of the various definitions of situation awareness [R]. <http://www.raes-hfg.com/crm/reports/sa-defns.pdf>
- [4] Endsley MR. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems [J]. *Human Factors*, 1995, 37(1): 32-64.
- [5] Uharik J, Comerford DA. A review of situation awareness literature relevant to pilot surveillance functions [R]. Atlantic City: Washington DC: FAA Office of Aviation Medicine, 2002.
- [6] David B, Laura S. Age differences in perceived workload across a short vigil [J]. *Ergonomics*, 2002, 45(13): 949-960.
- [7] Stein ES. Air traffic controller workload: An examination of a workload probe (DOT/FAA/CT-TN84/24) [R]. Federal Aviation Administration, 1985.
- [8] YANG Jiazhong, ZHANG Kan. The effect of data-link ratio on performance in a process monitoring task [J]. *Psychological Science*, 2005, 28(2): 264-268.
- [9] Durso FT, Hackworth CA, Truitt TR, et al. Situation awareness as a predictor of performance in En route air traffic controllers [R]. Washington, DC: Federal Aviation Administration, 1999.
- [10] Jones DG, Endsley MR. Using real time probes for measuring situation awareness [J]. *International Journal of Aviation Psychology*, 2004, 14(4): 343-367.
- [11] Wickens CD. Cognitive Factors in Aviation [M]. In: Durso FT, Nickerson RS, Schvaneveldt RW, et al eds. *The Handbook of Applied Cognition*. New York: Wiley, 1999: 247-282.
- [12] Pritchett AR, Hansman RJ, Johnson EN. Use of Testable Response for Performance-based Measurement of Situation Awareness [M]. In: Garand DJ, Endsley MR, eds. *Experimental analysis and measurement of situation awareness*. Daytona Beach, FL: Embry-Riddle Aeronautical University Press, 1995: 75-81.

[作者简介: 杨家忠,男,副教授,博士,研究方向为航空心理学]