

喷水、顶梁上方布置喷嘴等措施降尘。

参 考 文 献

1. 马秉衡等. 人机学. 北京:冶金工业出版社, 1990
2. 黄元平. 煤矿安全手册. 北京:煤炭工业出版社, 1990

【作者简介】田忠友 男, 汉. 1961年12月25日出生, 黑龙江五常人. 1983年毕业于阜新矿业学院机电系, 现任华北矿业高等专科学校副教授. 从事机械和人-机-环境系统工程的教学和研究工作. 发表论文10余篇.

跨通道的内源性选择注意对人-机系统的影响*

赵 晨 张 侃

(中国科学院心理研究所)

杨华海

(School of Information, the University of Michigan)

一、前 言

设计的机械与使用操作者所构成的人-机系统将会处于各种不同的环境之下, 注意的机制可以使人们对周围环境众多信息中的特定信息进行选择性加工. 人的信息加工过程离开注意就不能进行, 许多人的因素引发的事端可以说都和注意有关. 例如, 司机开车时与人谈话没有注意到红绿灯而引起了撞车事故; 飞行员在紧急环境下没有注意到仪表显示而发生坠机事故; 工人在操作进行中没有注意到机器异常告警信号而引起的伤残事故, 等等. 总之, 在人-机-环的系统中, 人的工作效率和操作安全在很大程度上取决于注意状况^[1,2].

在空间选择性注意领域, 由中央线索引导出的控制性加工过程被称为内源性(endogenous)选择注意^[3]; 由外周线索引导出的自动化加工过程被称为外源性(exogenous)选择注意^[4,5]. 普遍关心的是注意选择在多大程度上是源于人本身的目标状态或是源于刺激的特性. 相对于丰富的视觉选择注意的研究来说, 对于跨感觉通道的空间选择性注意的研究则显得很单薄. 研究者们对跨视觉与听觉通道的选择性注意提出了不同的假设: 一种可能是存在相对分离的通道特异性的视觉、听觉空间注意系统, 在视觉和听觉空间独

*本工作受到攀登计划和中国科学院院长基金的资助.

立地进行表征。第二种假设认为可能存在一个单独的超通道(supermodal)注意系统,它的功能是跨通道地调整目标知觉,在空间分配注意而不顾注意目标的通道^[6]。第三种假设是实际上存在独立的通道特异性注意系统,但它们之间存在连接,使得听觉朝向在视觉空间引起相应的朝向,反之视觉朝向在听觉空间也能引起相应的朝向^[7]。

大多数研究表明,听觉线索可以控制视觉目标的空间选择性注意:中央符号线索(出现在注视点的指向不同方向的箭头)激活自主性的、受控制的内源性选择注意^[8,9],但是研究跨感觉通道的内源性空间选择性注意的实验较少。Buchtel 和 Butter 的实验在呈现视觉或听觉目标之前,给被试呈现具有空间信息的听觉或视觉线索,要求被试者作简单快速的探测反应。实验结果表明,听觉线索和视觉线索均能引导视觉选择性注意^[10]。Spence 和 Driver 的实验给被试者呈现视觉中央线索,让被试者判断听觉或视觉目标的高度(上或下),而不确定目标的感觉通道。实验结果发现,当被试者在一个感觉通道的特定一侧期待目标时,在其他的感觉通道也能发生相应的注意转移^[11]。

本研究采用空间线索实验范式(即通过不同效度的线索对反应时的影响来考察空间选择性注意。相对于中性条件,有效线索使反应时缩短或错误率降低称作获利,反之则叫作损失,通过这种“利益-损失”效应分析来说明注意选择过程的存在。)研究跨视听觉通道的内源性选择注意,以检验关于跨通道的选择性注意的假设。

二、实验方法

1. 被试

25名(23男,2女)中国农业大学的一科大学生参加了实验,年龄19~23岁。所有被试听力和视力(含矫正视力)正常。自愿参加实验,实验结束后付给报酬。

2. 仪器

所有实验过程由AST 186DX66微机控制完成,SVGA显示卡驱动一个14英寸彩色显示器。刺激均以VGA640×480图形方式呈现,屏幕刷新频率为72Hz,屏幕背景色为黑色(EGA-BLACK)。实验在昏暗照明的房间中进行。被试者眼睛从离屏幕40cm处进行观察,以下颌架固定头部。

3. 刺激与任务

刺激呈现序列与时间如图1所示。要求被试者尽快在三个由掩模转变成的字母中搜索目标字母:“H”或“S”,二者必居其一,看到“H”,立即用左手食指按“Z”键反应;看到“S”,立即用右手食指按“/”键反应。每次实验呈现一个目标刺激(“S”或“H”)和两个非目标字母(“E”、“P”或“U”)。被试者按键反应后即开始新的一次实验尝试。

4. 实验设计

实验是2×3×4的被试者内设计。三个自变量如下:①中央线索的类型:视觉线索(在注视点的位置呈现一个箭头:1.2°×0.5°,EGA_LIGHTGRAY)和听觉线索(计算机发出一个持续100ms的短纯音,频率可能为300Hz、900Hz或1500Hz,分别对应右、左或上的目标位置);②线索有效性:有效(100%,即目标一定出现在线索所指示的位置),中性(50%),无效(0%);③SOAs:100,200,500和1000ms。

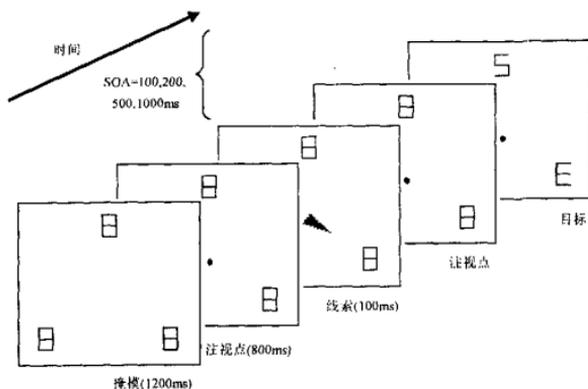


图1 刺激呈现序列(视觉线索)

5. 实验程序

每个被试者参加两部分实验，分别为视觉线索与听觉线索条件，二者按先后顺序在被试间平均分配。四种 SOA 在每部分均完成，每部分包括三个单元：线索有效、中性和无效，顺序按 3×3 拉丁方安排。在实验初、实验末和两部分实验之间各有一个单元的基线实验(不呈现中央线索，但时序与有线索实验一样)。共九个单元，合 477 次实验尝试。

6. 指导与练习

指导语由计算机呈现，同时呈现刺激示例，主试对被试的疑问进行讲解，确认被试者理解实验要求后开始实验。在每个单元之前告知被试者线索的有效性，要求被试者既快又准确地进行反应，强调眼睛注视屏幕中央的注视点。在每个实验单元之后给被试者正确率、反应时的反馈和一定的休息时间(被试者自定)。

在正式实验之前，进行至少 50 次基线实验的练习，直到连续正确 20 次为止。在听觉线索练习之前，有一个听音练习单元，进行至少 50 次练习，直到连续正确 20 次为止。每次练习都提供正确与否的反馈，在正式实验时没有反馈。

三、实验结果

错误反应、反应时超过 1500 ms 或小于 200 ms 的数据不作分析。各实验条件下的平均反应时及相应的错误率见图 2 和表 1。以线索类型、线索有效性和 SOA 为因素 ($2 \times 3 \times 4$)，分别对反应时和错误率进行重复测量的 MANOVA 分析(使用 SPSS for Windows V. 6.13)。

错误率除在 SOA 和线索有效性的交互作用显著 ($F[6, 144]=2.46, P<0.05$) 及在 SOA 和线索类型的交互作用上有显著差异以外 ($F[3, 72]=3.19, P<0.05$)，各因素的主效应和交互作用均不显著，故主要对反应时进行分析。

SOA 主效应显著 ($F[3, 75]=43.50, P<0.001$)，被试者在较长的 SOA 条件下对目标反应更快。线索有效性也有显著的主效应 ($F[2, 50]=46.87, P<0.001$)，线索有效反应时最短，线索无效反应时次之，中性线索反应时最长。线索类型的主效应不显著 ($F[1, 25]=1.37, P>0.1$)。

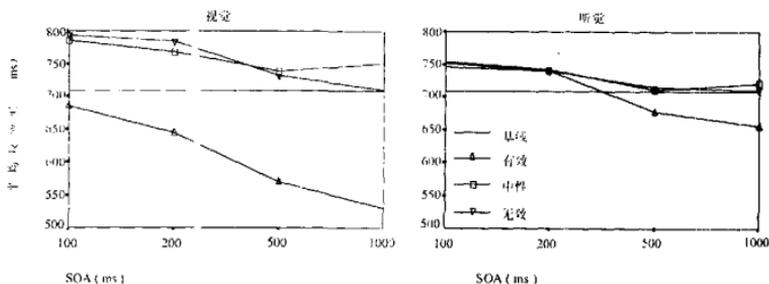


图2 在不同有效性的视觉、听觉线索条件下，随SOA变化的平均反应时间

表1 视觉线索和听觉线索的平均反应时 (RTs, ms) 及错误率

中央线索 通道	SOA					
	100ms			200ms		
	有效	中性	无效	有效	中性	无效
视觉 RT	684.7	786.01	793.60	643.85	767.87	783.80
%	6	12	7	6	9	6
听觉 RT	746.9	752.82	750.93	740.16	742.25	740.50
%	13	9	7	10	8	9
	500ms			1000ms		
视觉 RT	570.1	737.92	731.63	530.94	752.07	710.80
%	4	11	9	7	10	10
听觉 RT	675.42	710.30	714.27	654.25	720.76	710.05
%	10	10	3	12	11	12

线索类型与线索有效性的交互作用显著 ($F[2, 50]=45.46, P<0.001$)。视觉线索的效应比听觉线索的效应对反应时有更大的影响(视觉线索有效对无效的差异是 52 ms，听觉线索是 25 ms)。线索类型与 SOA 的交互作用显著 ($F[3, 75]=2.85, P<0.05$)。线索类型在长的 SOA 时比短的 SOA 时对反应时影响更大(1000 msSOA 时视听差异 30 ms，100 msSOA 时 5 ms)。视觉线索在短至 100 ms 的 SOA 时，有效条件与无效条件反应时差异已显著 ($t[25]=6.24, P<0.001$)，而听觉线索是在 500 ms 的 SOA 条件下开始表现出“利益-损失”效应，只在 1000 msSOA 的条件下，有效听觉线索与无效听觉线索的反应时有显著差异 ($t[25]=2.79, P<0.01$)。线索有效性与 SOA 有显著的交互作用 ($F[6, 150]=6.60, P<0.001$)。视觉线索的效应(线索无效时减去线索有效时的反应时)从 100 msSOA 时的 109 ms 到 1000 msSOA 时的 180 ms；听觉线索在 100 msSOA 和 200 msSOA 时几乎没有任何效应，线索有效与无效都是起干扰的作用(如 200 msSOA 时有效线索时反应时比基线慢 31 ms， $t[25]=2.51, P<0.05$)，500 msSOA 时，效应为 39 ms；到 1000 msSOA 时，效应达到 56 ms。

三因素交互作用不显著 ($F[6, 150]=1.36, P>0.1$)。

四、讨 论

本实验的结果清楚地验证了视觉中央线索引导内源性空间选择性注意的能力,并揭示出线索与目标之间的时间间隔越长,有效线索使反应时缩短的“获利”效果就越大,而无效线索使反应时增加的“损失”效果却越小。似乎表明被试者在有足够加工时间的情况下,能够最大限度地利用线索提供的信息来引导注意的分配,使得反应时为最短。由此,在人-机系统设计中,除了考虑视觉注意的位置特点,将视觉信号安排在中央视野外,还应考虑其时间特性:信号和作出反应之间的时间间隔增长有助于提高注意程度。

在知道线索有效的情况下,注意被分配到线索所指处;而在已知线索有效性较低的情况下,尽量避免线索的影响;在 SOA 足够长的情况下(>500 ms),反应时达到没有线索时的水平。而在短 SOA(<500 ms)的情况下,反应时受无效线索影响而变长,这似乎表明,本实验的中央线索也是可以吸引注意的,即使被试者知道无效的中央线索会影响反应时,没有足够的加工时间,仍然会受它的影响。

至少在短的 SOA 时(<200 ms),未能证实听觉符号线索能够引导视觉空间选择性注意,相反,听觉线索在短的 SOA 时干扰视觉辨别选择任务的完成,无论有效性如何,都一致地延迟反应时。这个结果与 Buchtel 和 Butter 用声源位置与视觉目标在一起的听觉线索作出的结果形成鲜明对照,他们甚至在 50 ms 的 SOA 条件下就已观察到了显著的“利益-损失”效应。但是 Buchtel 和 Butter 的这种听觉线索是一种外周线索,而且,用朝向反射来解释他们的结果是很容易的。而我们的实验采用不同音高作为听觉线索,这是一种符号线索,能较好地反映自上而下的加工过程。而且,他们所用的简单反应实验模式也可能会使线索的作用很早就体现出来。事实上,在本实验中,随 SOA 加长,有效听觉线索对绩效的促进作用也逐渐增加,听觉符号刺激最终影响了视觉空间选择注意的分配。同视觉中央线索的模式一样,无效听觉线索使反应时增加的“损失”效果却随 SOA 加长而变小。因此,在使用声音作为信号时,应充分考虑听觉注意的时间特性,否则,在信号和反应之间时间间隔较短的情况下,信号可能干扰反应,阻碍任务的完成。

在本实验的条件下,听觉符号线索和视觉中央线索在不同的时间下有不同的“利益-损失”效应,提示它们有着不同的注意加工机制。由于有效的听觉符号线索最终能在较长的作用时间之后引导视觉空间选择性注意,注意的选择过程不可能是完全通道特异性的,因此可能存在通道间的相互联系,使得在较长 SOA 时,听觉中央线索也能引导出视觉选择性注意。本实验结果显示,较短 SOA 条件下听觉线索不具有引导内源性选择注意的能力,表明听觉和视觉是有着不同的注意加工机制,较好地支持了视觉与听觉注意加工机制是特异性感觉通道之间存在连接的假设。

五、结 论

本实验在较为严格的条件下,证实了视觉和听觉中央线索均能引导出内源性视觉选择性注意,但二者存在不同的注意加工机制。支持视听感觉通道存在特异的、并相互连接的

加工通道的假设;同时发现视觉内源性选择注意和听觉内源性选择注意具有不同的时间特性,为人-机系统的设计提供理论参考。

参 考 文 献

1. 廖有燊,范发斌. 人体工学. 台湾:大圣书局,1986
2. 朱祖祥. 工程心理学. 上海:华东师范大学出版社,1990
3. Posner M I. Orienting of attention. *Quarterly of Experimental Psychology*, 1980, 32:3~25
4. Jonides J. Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In Long JB, Baddeley AD (Eds.) *Attention and Performance IX*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1981
5. Yantis S, Jonides J. Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1984, 10:601~621
6. Farah M J, Wong A B, Monheit M A, Morrow L A. Parietal lobe mechanisms of spatial attention: Modality-specific or supramodal? *Neuropsychologia*, 1989, 27:461~470
7. Driver J S, Spence C J. Spatial synergies between auditory and visual attention. In: Umiltà C, Moscovitch M. (Eds.) *Attention and performance*. Cambridge, MA, 1994, 311~331
8. Yantis S, Jonides J. Abrupt visual onsets and selective attention: Voluntary versus automatic allocation. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*. 1990, 16:121, 134
9. Folk CL, Remington RW, Wright J B. The structure of attention control: Contingent attention capture by apparent motion, abrupt onset, and color. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1994, 20:317~329
10. Bachtel H A, Butter C M. Spatial attentional shifts: implications for the role of polysensory mechanisms. *Neuropsychologia*, 1988, 26:499~509
11. Spence C J, Driver J S. Audiovisual Links in Endogenous Covert Spatial Attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1996, 22:1005~1030

【作者简介】赵晨,女,汉,1973年8月8日出生,陕西西安人。1997年毕业于北京大学心理系。推荐免试进入中国科学院心理研究所攻读硕士学位。曾获北京大学优秀社会工作奖学金、北京大学优秀三好学生二等奖学金、中国科学院董氏东方奖学金。已有3篇文章发表于国内一级刊物。