2020 年 第 20 卷 第 7 期
2020, 20(7): 02944 -05
科 学 技 术 与 工 程
Science Technology and Engineering
ISSN 1671—1815
CN 11—4688/T

引用格式:王燕青, 马宇飞, 张 恒. 社会助长效应对民航管制员的管制能力影响实验研究[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(7): 2944-2948
Wang Yanqing, Ma Yufei, Zhang Heng. Experimental study on the control capabilities effects of civil air traffic controllers based on the social facilitation effect[J]. Science Technology and Engineering, 2020, 20(7): 2944-2948

# 社会助长效应对民航管制员的管制能力影响实验研究

王燕青[1], 马宇飞[1], 张 恒[2]
(1. 中国民航大学飞行技术学院,天津 300300,2. 中国民航大学经济管理学院,天津 300300)

**摘 要** 为提高民航管制员的管制能力,减少“错、忘、漏”事件的发生,基于社会助长效应,以监控状态、任务难度为自变量,以管制员的调配管制间隔能力、理解管制意图能力、航空器识别能力和管制差错作为因变量,采用 2×2 组内设计,通过塔台模拟软件搭建实验平台对民航管制员的管制能力进行实验研究。实验结果表明:随着任务难度的不同,社会助长效应对管制员的调配管制间隔能力和理解管制意图能力有显著影响,对航空器识别能力没有显著影响;进一步对管制员的管制差错产生显著影响。因此,管制单位可以采用管制现场安装监控等措施,以提高管制员的管制水平。

**关键词** 民航安全; 管制员; 管制能力; 社会助长效应
**中图法分类号** X949; **文献标志码** B

# Experimental Study on the Control Capabilities Effects of Civil Air Traffic Controllers Based on the Social Facilitation Effect

WANG Yan-qing[1], MA Yu-fei[1], ZHANG Heng[2]
(1. College of Flight Technology, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;
2. College of Economics and Management, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

[**Abstract**] In order to improve the control capabilities of civil air traffic controllers and reduce the “errors, forgetfulness and omissions” incidents, monitoring status and task difficulty were taken as independent variables based on the social facilitation effect. The controller's capabilities to deploy control interval, understand control intentions, aircraft identification capabilities and control errors were taken as dependent variables. An in-group design of 2×2 was adopted, and the experimental platform was built by tower simulation software. The experimental results show that the social facilitation effect has a significant impact on the controller's capabilities to deploy control interval and understand control intentions has no significant impact on aircraft identification capabilities with the different task difficulty, and has significant impact on controller tocontrol errors. To improve the control level of the controller, the air traffic control Units may adopt measures such as installation and monitoring in control on-site.

[**Key words**] civil aviation safety; controller; control capability; social facilitation effect

随着中国民航业的快速发展,空中交通流量急剧增长,管制员工作负荷越来越大,造成管制员的“错、忘、漏”人为差错越来越多[1],为减少“错、忘、漏”事件的发生,很多管制现场安装了监控器,这对管制员的管制能力能否起到积极作用,有待进一步的探讨和研究。

社会心理学家奥尔伯特研究发现,一个人在从事某项活动时,如果他人也在从事或观看同一活动,相互间就会形成一种刺激,从而影响活动的效率,则此现象称为“社会助长”效应[2]。国内外学者将社会助长效应理论广泛应用于人力资源[3]、工作绩效[4]等方面。Yu 等[5]研究发现 X-ray 安检任务中,一个观众的存在是否会引起社会助长效应。进一步地结果显示安检任务中产生了社会助长效应。为了弄清楚他人在场是如何影响被试的搜索绩效的,Liu 等[6]首次采用眼动追踪技术对视觉搜索中的社会助长效应开展进一步研究。外国学者 Cole 等[7]通过对网络及线下赌博者行为的研究发现,相比于独自的线下赌博,那些在由他人在场陪同的网络赌博者投出的筹码更高,并且做出了风险最高的赌注。De Castro[8]对 515 名成年人 7 d 内的吃饭及喝水的记录进行了分析,发现相对于独自吃饭,与其他人一起吃饭则持续时间更长,吃的也更多。Bond 等[9]发现他人在场可以提高简单任务的反应速度,但会降低复杂任务的反应速度。Blascovich 等[10]通过观察被试的心血管反应对社会助长效应进行了研究,发现被试在有他人在场完成熟知的任务时,心脏反应增加和血管阻力下降,而在他人在

收稿日期: 2019-06-16; 修订日期: 2019-09-11
第一作者:王燕青(1974—),女,汉族,博士,教授。E-mail:yqwang@ cauc. edu. cn。

场完成未知任务时心脏反应增加和血管阻力也增加。

目前,已有学者对管制员工作负荷、疲劳等开展了大量研究[11-14],但很少有学者针对管制现场的监视现象所产生的社会助长效应进行研究,因此,本文拟通过开展管制模拟实验,以专家现场监控反映管制过程中的社会助长效应,分析管制员在不同管制任务难度的管制能力,进一步分析社会助长效应是否对管制能力起到积极作用,以期在管制现场采取相关监控措施的合理性及管制员的选拔和培训提供一定的科学依据。

## 1　实验方法

### 1.1　被试的选取

选取16名中国民航大学大四管制学员作为被试,均为男性,年龄21~24岁,平均年龄22.3岁。所有被试视力或者矫正视力均正常,且均未参加过类似的实验,所有被试均能熟练操作塔台管制模拟机,可独立完成管制任务,符合本实验需求。

### 1.2　实验设备

塔台管制模拟设备采用塔台管制模拟软件Tower! 2011,该软件的画面采用俯视效果制作而成,可以让塔台管制员纵览全局,全面的对机场进行指挥。

### 1.3　实验设计

社会助长效应是存在监控(观众、监督员或者监控设备等)的情况下对个体工作产生的影响。实验中选取一名管制经验丰富的专家管制员作为监督者参与到每名被试在有监控下的管制实验。

选取监控状态(无监控、有监控)、管制任务难度(简单、困难)作为自变量,管制员的管制能力和管制差错作为因变量,采用2×2的组内设计。其中,管制能力指标选取依据《中国民用航空空中交通管理规则》、《中国民用航空空中交通管制培训管理规则》相关规定,并结合管制塔台的实际情况,筛选出管制员的调配管制间隔能力、理解管制意图能力和航空器识别能力。另外,根据管制员的塔台管制模拟软件具有告警及记录指令的功能,将管制差错作为管制结果指标。

### 1.4　实验程序

塔台管制运行室负责对本塔台管辖范围内航空器的开车、滑行、起飞、着陆和与其有关的机动飞行的管制工作[15]。塔台管制员的主要任务是对进离场航空器进行有效管制,因此,参考已有的实验设计思路,本实验选择塔台管制模拟设备,将无监控下的管制实验作为对照组,有监控下的管制实验作为实验组。通过改变进离场航空器的起降密度来控制实验难度,即每分钟起降小于1架次作为简单管制任务,每分钟起降航空器大于或等于1架次作为困难管制任务。因此,具体实验步骤如下。

(1)被试坐于实验屏幕前,对其进行管制培训,熟悉实验模拟设备。

(2)开启设备,设置管制流量,准备开始实验。

(3)对照组进行实验,分别设置管制流量为每分钟起降0.5架次和1.0架次,由管制专家通过看回放对被试的管制能力进行打分。

(4)被试完全休息后实验组进行实验,分别设置管制流量为每分钟起降1.0架次和0.5架次,由管制专家坐在被试右后方监控被试完成实验并打分。

(5)实验结束。

### 1.5　数据处理方法

本实验通过专家打分和塔台管制软件获取被试的管制能力数据,采用SPSS 22.0对实验数据进行统计分析。

## 2　管制差错统计分析

被试在不同实验处理情境下的管制差错的描述性统计结果如表1所示。

从表1中可以看出,被试在困难任务中的管制差错明显高于简单任务时的差错,而当有监控时,降低了简单任务的管制差错,反而增加了困难任务时的管制差错。

对被试在不同实验处理情境下的管制差错进行方差齐性检验,$P=0.052>0.05$,满足方差分析的条件。以监控状态、管制任务难度为自变量,管制差错为因变量,进行有交互作用的双因素方差分析,其结果见表2。

由表2可以看出,监控状态的主效应不显著($F=0.103$、$P=0.749>0.05$),而任务难度的主效应显著($F=106.909$、$P=0.000<0.05$),监控状态与任务难度的交互作用显著($F=10.646$、$P=0.002<0.05$)。

**表1　管制差错的描述性统计结果**

**Table 1　Descriptive statistics results of control errors**

| 任务难度 | 无监控($M\pm SD$) | 有监控($M\pm SD$) |
|---|---|---|
| 简单 | 4.75±2.176 | 2.75±1.949 |
| 困难 | 9.56±3.032 | 12.00±3.445 |

**表2　管制差错方差分析结果**

**Table 2　ANOVA results of control errors**

| 源 | *df* | 均方 | *F* | *P* |
|---|---|---|---|---|
| 监控状态($A$) | 1 | 0.766 | 0.103 | 0.749 |
| 任务难度($B$) | 1 | 791.016 | 106.909 | 0.000 |
| $A\times B$ | 1 | 78.766 | 10.646 | 0.002 |

## 3 基于社会助长效应的管制能力分析

在有监控条件下,管制员要对雷达屏幕信息进行加工处理并发出正确指令。管制员若调配管制间隔不当、对管制意图理解不正确、航空器识别能力的降低都会导致管制差错。目前,很多管制现场安装了监控器,这对管制过程是否会产生影响,因此进一步分析社会助长效应对管制过程产生的影响。

### 3.1 社会助长效应对管制员调配管制间隔能力的影响分析

调配管制间隔能力是管制员发布管制指令和限制,随时保持安全间隔标准,防止航空器与航空器、航空器与障碍物之间相撞。因此,考虑在不同任务难度情况下,社会助长效应对管制员的管制间隔调配是否有影响。表3为被试在不同实验情境下的调配管制间隔能力的描述性统计结果。

从表3中可以看出,被试在困难任务中调配管制间隔的能力明显低于简单任务时。进一步,当有专家在场监控时,在简单任务情境下,被试的调配管制间隔能力高于无专家监控下的调配管制间隔能力,而在困难任务情境下则相反。

对被试在不同实验情境下的调配管制间隔能力进行方差齐性检验,$P=0.133>0.05$,满足方差分析的条件。以监控状态、任务难度为自变量,以调配管制间隔能力为因变量,进行有交互作用的双因素方差分析,其结果如表4。

**表3 调配管制间隔能力的描述性统计结果**

**Table 3 Descriptive statistics results of the capability to deploy control intervals**

| 任务难度 | 无监控($M\pm SD$) | 有监控($M\pm SD$) |
|---|---|---|
| 简单 | 3.93±0.704 | 4.47±0.640 |
| 困难 | 2.20±0.862 | 1.93±1.033 |

**表4 调配管制间隔能力方差分析结果**

**Table 4 ANOVA results of deploying control interval capabilities**

| 源 | *df* | 均方 | *F* | *P* |
|---|---|---|---|---|
| 监控状态($A$) | 1 | 0.267 | 0.393 | 0.533 |
| 任务难度($B$) | 1 | 68.267 | 100.604 | 0.000 |
| $A\times B$ | 1 | 2.400 | 3.537 | 0.065 |

由表4可以看出:监控状态的主效应不显著($F=0.393$、$P=0.533>0.05$),任务难度的主效应显著($F=100.604$、$P=0.000<0.05$),监控状态与任务难度的交互作用边缘显著($F=3.537$、$0.05<P=0.065<0.1$)。

由上述分析可知:监控状态与任务难度的交互作用对调配管制间隔能力边缘显著。在完成简单任务时,对照组需要管制的飞机架次较少,被试有充足的时间调配飞机的管制间隔。实验组由于管制绩效与个人薪酬挂钩,与独自完成时相比,可能引起动机水平的升高,引起优势反应,刺激被试更好地展现自己的管制水平,进而使被试能更好地控制地面滑行中的飞机间隔,出现危险接近甚至地面冲突的概率也就降低;而在困难任务时,对照组需管制的飞机不断增加,飞机的进离场滑行道上甚至有多达7架飞机在滑行,同时有飞机在等待推出开车和请求降落,分配给每架飞机的管制时间不足,而对于实验组,有他人在场监督,更会分散被试的注意力,引起紧张情绪,忙中出错的概率上升,对滑行中的飞机安全间隔的控制也就不足,造成危险接近,甚至发生地面冲突的事故,与对照组相比得分也就降低。

### 3.2 社会助长效应对管制员理解管制意图能力的影响分析

参考《中国民用航空空中交通管制培训管理规则》内"附件三:培训/考核报告表"的内容,管制意图正确有效即管制员做出最佳选择,保持管制秩序有条不紊,维护适当的交通顺序,加速并维持有秩序的空中交通流。实验中由专家打分获得理解管制意图能力的得分情况,被试在不同实验情境下的理解管制意图能力的描述性统计结果见表5。

**表5 理解管制意图能力的方差分析结果**

**Table 5 ANOVA results of understand and control intentions capabitity**

| 任务难度 | 无监控($M\pm SD$) | 有监控($M\pm SD$) |
|---|---|---|
| 简单 | 3.87±0.915 | 4.27±0.594 |
| 困难 | 2.53±1.060 | 2.07±1.033 |

从表5中可以看出,被试在困难任务中理解管制意图的能力明显低于简单任务时。进一步,当有专家在场监控时,在简单任务情境下,被试理解管制意图的能力高于无专家监控下的理解管制意图能力,而在困难任务情境下则相反。

对被试在不同实验情境下的理解管制意图能力进行方差齐性检验,$P=0.074>0.05$,满足方差分析的条件。以监控状态、管制任务难度为自变量,理解管制意图能力为因变量,进行有交互作用的双因素方差分析,其结果见表6。

由表6可以看出:监控状态的主效应不显著($F=0.020$、$P=0.889>0.05$),任务难度的主效应显著($F=55.389$、$P=0.000<0.05$);监控状态与任务难度的交互作用的影响边缘显著($F=3.332$、$0.05<P=0.073<0.1$)。

**表 6　监控状态、任务难度对理解管制意图能力的双因素方差分析结果**

**Table 6　Two-factor ANOVA results of monitoring status and task difficulty of for understand control intention capabilities**

| 源 | *df* | 均方 | *F* | *P* |
|---|---|---|---|---|
| 监控状态(*A*) | 1 | 0.017 | 0.020 | 0.889 |
| 任务难度(*B*) | 1 | 46.817 | 55.389 | 0.000 |
| *A*×*B* | 1 | 2.817 | 3.332 | 0.073 |

由上述分析可知:监控状态与任务难度的交互作用对理解管制意图能力的影响边缘显著。在完成简单任务时,对照组需同时管制的飞机架次较少,被试在听到飞行员喊话后,有充足的时间做出合理的决策,管制员工作压力较小,能较好地应对当前的情况。而实验组在社会助长效应下可能刺激被试动机水平的升高,被试为取得一个较高的评分,投入更多的注意力去完成任务;而任务困难时,对照组需管制飞机架次增多,喊话后留给管制员思考的时间就不足,管制意图得分与简单任务相比有所降低,实验组有他人在场监督,导致被试更加紧张,注意力分散,不能及时有效地为进离场的飞机发出合理的指令,管制意图不清,与对照组相比得分也就降低。

### 3.3　社会助长效应对管制员的航空器识别能力的影响分析

所谓管制员的航空器识别能力,是指管制员能够清晰地识别出所管制的航空器。被试在不同实验情境下的对航空器识别能力的描述性统计结果见表7。

**表 7　航空器识别能力的描述性统计结果**

**Table 7　Descriptive statistics results of aircraft identification capabilities**

| 任务难度 | 无监控($M \pm SD$) | 有监控($M \pm SD$) |
|---|---|---|
| 简单 | 4.07 ± 0.799 | 4.40 ± 0.632 |
| 困难 | 2.60 ± 1.183 | 2.20 ± 1.082 |

从表7中可以看出,被试在困难任务中的航空器识别能力明显低于简单任务时的航空器识别能力。进一步,当有专家在场监控时,在简单任务情境下,被试的航空器识别能力高于无专家监控下的航空器识别能力,而在困难任务情境下则相反。

对被试在不同实验处理情境下的航空器识别能力进行方差齐性检验,$P = 0.002 < 0.05$,不满足方差分析的条件,因此,对被试的航空器识别能力进行弗里德曼双向等级方差分析,其结果见表8。

由以上分析可知,社会助长效应对航空器识别能力没有显著影响($\chi^2 = 0.067$、$P = 0.796 > 0.05$);任务难度对航空器保持识别有显著影响($\chi^2 = 29.000$、$P = 0.000 < 0.05$),这表明管制员指挥的飞机架次会影响其航空器识别能力,而管制专家是否在场所引起的社会助长效应并不会影响其对航空器的识别。

**表 8　航空器识别能力的弗里德曼双向等级方差分析结果**

**Table 8　Friedman bidirection rank variance analysis results of aircraft identification capabilities**

| 参数 | $\chi^2$ | 渐近显著性 |
|---|---|---|
| 监控状态(*A*) | 0.067 | 0.796 |
| 任务难度(*B*) | 29.000 | 0.000 |

## 4　结论

(1)社会助长效应随着任务难度的不同对管制差错会产生影响。当管制任务简单时,管制员指挥飞机架次较少,为得到更好的表现,他人在场的监督所引起的社会助长效应提高了其动机水平,进而使其更加集中注意力,犯错次数也相应地减少而在任务困难时则相反。

(2)社会助长效应随着任务难度的不同对调配管制间隔能力、理解管制意图能力产生了显著影响,即在有他人在场完成简单任务时,调配管制间隔能力和理解管制意图能力得分提高,而在困难任务时则相反。社会助长效应对航空器识别能力没有显著影响,其仅受任务难度的影响,即简单任务时的得分高于困难任务时。过程指标得分的提高进而反应在结果指标上,即调配管制间隔能力、理解管制意图能力、航空器识别能力得分提高时会使管制差错减少。

## 参　考　文　献


1　靳慧斌, 王　丹, 王松涛. 民航管制员的注视及遗忘特征研究[J]. 科学技术与工程, 2016, 16(16): 295-300, 312.
Jin Huibin, Wang Dan, Wang Songtao. Research on fixation and forgetting characteristic of civil air traffic controllers[J]. Science Technology and Engineering, 2016, 16(16): 295-300, 312.

2　赵晨子. 运用"社会助长"效应促进青年体育教师职业发展[J]. 决策搜索, 2014, 23(3): 47-48.
Zhao Chenzi. Promoting the career development of young PE teachers by using the social facilitation effect[J]. Policy Research & Exploration, 2014, 23(3): 47-48.

3　李红梅, 李　宁. 从提高员工工作绩效看社会助长理论[J]. 社会心理科学, 2005(3): 109-113.
Li Hongmei, Li Ning. Social facilitation in improvement of employee of performance [J]. Science of Social Psychology, 2005 (3): 109-113.

4　袁玉琢, 孟　乐, 李朝旭. 他人成绩水平对个体工作绩效的影响——基于社会助长理论视角[J]. 社会心理科学, 2016, 31(3): 66-72.
Yuan Yuzhuo, Meng Le, Li Chaoxu. The influence of others'

achievement level on individual work performance based on the perspective of social facilitation theory[J]. Science of Social Psychology, 2016, 31(3): 66-72.

5 Yu R, Wu X. Working alone or in the presence of others: exploring social facilitation in baggage X-ray security screening tasks[J]. Ergonomics, 2015, 58(6): 857-865.

6 Liu N, Yu R. Influence of social presence on eye movements in visual search tasks[J]. Ergonomics, 2017, 60(12): 1667-1681.

7 Cole T, Barrett D J K, Griffiths M D. Social facilitation in online and offline gambling: a pilot study[J]. International Journal of Mental Health and Addiction, 2011, 9(3): 240-247.

8 De Castro J M. Family and friends produce greater social facilitation of food intake than other companions[J]. Physiology & Behavior, 1994, 56(3): 445-455.

9 Bond C F, Titus L J. Social facilitation: a meta-analysis of 241 studies[J]. Psychological Bulletin, 1983, 94(2): 265-292.

10 Blascovich J, Mendes W B, Hunter S B, et al. Social "facilitation" as challenge and threat[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1999, 77(1): 68-77.

11 袁乐平, 孙瑞山, 刘 露. 基于 DORATASK 的管制员工作负荷测量方法研究[J]. 安全与环境学报, 2013, 14(3): 76-79.
Yuan Leping, Sun Ruishan, Liu Lu. Measuring the workload of the air traffic controller based on DORATASK method[J]. Journal of Safety and Environment, 2013, 14(3): 76-79.

12 张 明, 韩松臣, 杭 勇, 等. 基于改进的可拓评价模型的安全管制员工作负荷综合评估模型[J]. 安全与环境学报, 2014, 14(1): 84-87.
Zhang Ming, Han Songchen, Hang Yong, et al. An integrated evaluation model of the safety controller's workload based on improved extension evaluation model[J]. Journal of Safety and Environment, 2014, 14(1): 84-87.

13 王莉莉, 陈凤兰. 基于脑电的管制员认知行为与疲劳的关系研究[J]. 中国安全科学学报, 2018, 28(7): 1-6.
Wang Lili, Chen Fenglan. Study on relationship between controllers´ cognitive behavior and fatigue based on EEG[J]. China Safety Science Journal, 2018, 28(7): 1-6.

14 靳慧斌, 朱国蕾, 吕 川. 基于支持向量机的管制疲劳监测模型研究[J]. 安全与环境学报, 2019(1): 99-105.
Jin Huibin, Zhu Guolei, Lü Chuan. On the air traffic controller's fatigue detection based on the support vector machine[J]. Journal of Safety and Environment, 2019(1): 99-105.

15 中国民用航空总局. 中国民用航空空中交通管理规则[L]. 1999-07-05.
Civil Aviation Administration of China. China civil aviation air traffic management rules[L]. 1999-07-05.