

探索群脑协同调控： 以航天员群组的空间站场景为例

喻国明^{1,2} 杨雅¹ 修利超¹

(1. 北京师范大学新闻传播学院, 北京 100875

2. 北京师范大学传播创新与未来媒体实验平台, 北京 100875)

摘要:“人”是 ICE(隔绝、封闭、极端)环境下团队生存与任务执行的主体和影响因素。个人特征、团体动态与天地人员关系三者的相互作用以及最终合力将对任务绩效产生决定性影响。本文提出探索航天员群组空间站环境的群脑协同的研究框架,包括建立模拟太空环境下典型航天任务中成员组合结构的评估模型、建立非常态情境下危机决策的协同机制和分工排险的预警机制、构建面向在轨应用的多人协同行为决策监测与评估指标体系,探讨模拟太空环境中群脑协同关键认知神经机制技术以及有效调控手法等,以期为群众脑协同调控措施的制定提供科学依据。

关键词: ICE 环境;航天员群组;群脑协同调控

DOI: 10.13806/j.cnki.issn1008-7095.2023.03.007

一、研究背景

2021年10月16日6时56分,神舟十三号载人飞船与空间站组合体完成自主快速交会对接,航天员翟志刚、王亚平、叶光富进驻天和核心舱。这标志着中国空间站开启了航天员长期驻留的全新阶段,是我国载人航天工程“三步走”发展战略业已达成的重要目标。下一步预计开展较大规模的、长期有人照料的空间站应用,需要航天员在长期太空飞行中调整各种内外部影响因素,以保持良好的工作状态,而这类极端环境(如上天入海、极地科考等特殊隔绝环境)中人的心理与情绪的调适、群组关系的良性运维是一个重要的科研课题。

“人”是 ICE(隔绝、封闭、极端)环境下团队生存与任务执行的主体和影响因素。勒温的群体动力公式 $B=f(P, E)$ 提出,人与环境因素密切相关,个体行为(B)会受到个体特征(P)与环境(E)的共同影响,随着动力场的变化而发生变化。以长期载人航天飞行为例,个人特征包括个体属性、心理状况等,也包括人的心理场所感知的与环境相交织的因素,如群体间人际关系、文化差异、乘组组合等群体动态情况。环境因素则包括人的活动空间(life space)以及其中的准物理事实、准社会事实和准概念事实,也就是主体

作者简介:喻国明,北京师范大学新闻传播学院教授;杨雅,北京师范大学新闻传播学院副教授;修利超,北京师范大学新闻传播学院实验师。暨南大学程思琪老师对于本文也做出了重要贡献,特此鸣谢。

见之于客体过程中形成的行为动力场,如航天空间中人所面临的各种任务场景、天地协同沟通等,特别是在空间站场景中,极端环境和可能与此伴生的危机与群体决策形态,都是影响航天员是否能够顺利完成任务的重要因素。

因此,本文主要从“人—环—危”系统,即个体、环境、危机传播与沟通策略这一思路开展论证。其中,个体特征是核心,ICE环境及其应对因素是基础,危机状态下的群体决策与沟通策略是重要工具。以此视角,探讨移动互联网和智能化技术手段下的全要素、生态级、新场景对于航天员群体协同调控的作用,以期得出更具普遍意义的群脑协同调控机理与模式应用。

二、航天员空间任务下的“人—环—危”场景

(一) 已研究与尚待研究的: ICE条件下人与群体的动态关系及其缺失

“人”作为“人—环—危”场景中的重要一环,包括成员个人特征、群体动态特征和地空成员关系三大层面。在太空环境,个人的心理适应能力(individual psychological adaption)是每个成员能否胜任长期航天任务的关键因素。^①此外,群体内的人际关系、文化异同、成员数量、个体领导力等与环境场景交织的因素,也会影响航天任务能否顺利完成。^②

无论是载人航天任务,空间模拟实验,还是极地与登山探险,其共同点是都要求个人或者团队成员在一个隔绝的(isolated)、封闭的(confined)和极端的(extreme)环境下(ICE)完成任务,这种环境给人们带来了许多挑战和危险。航天员在轨飞行时会处于失重、密闭和社交隔离的极端环境中,而且面临着巨大的作业压力和各种应激源,^③主要包括物理、生理、心理和人际关系等方面,^④从而影响工作绩效,甚至对成员的生命安全造成不可估量的后果。^{⑤⑥}

随着空间站的出现,空间任务的过程由若干天增加到六个月甚至更长时间,乘组人员在性别组合、文化背景和专业培训方面也更加多样化。这就给群体动态过程带来更多不确定的因素,比如潜在的人际冲突可能会影响团队凝聚力,出现成员间的“小团体”现象,影响领导者的地位与成员之间的认同和信任。甚至在某些极端危机条件下,成员会将地面指挥者视为危机出现的“替罪羊”,来维持空间团队的凝聚力。^⑦也有研究分析,为乘组人员提供尽可能多的自主性,可能会提升工作积极性和满意度。^⑧

① 修利超、谈诚、蒋依涵等:《45天-6°头低位卧床对个体额区 EEG 偏侧化和情绪的影响》,《心理学报》2014年第46卷第7期,第942—950页。

② C. Cazes, E. Rosnet, C. Bachelard, et al., “Group Dynamics during the Extreme Isolation Study,” *Advances in Space Biology and Medicine*, vol.5(1996), pp.245 - 262.

③ 卡纳斯、曼蔡:《航天心理学与精神病学》,白延强、王爱华译,北京:中国宇航出版社,2009年。

④ 秦海波、白延强、吴斌等:《载人航天飞行中的情绪研究进展》,《航天医学与医学工程》2012年第25卷第4期,第302—306页。

⑤ TASS. <https://tass.com/science/1325275>.

⑥ V. Tangermann, “Russia Claims NASA Astronaut Had Mental Breakdown in Space, Damaged Equipment to Go Home Early,” *Futurism*, 2021, <https://futurism.com/russia-accuses-astronaut-damaged-equipment>.

⑦ C. Cazes, E. Rosnet, C. Bachelard, et al., “Group Dynamics during the Extreme Isolation Study,” *Advances in Space Biology and Medicine*, vol.5(1996), pp.245 - 262.

⑧ Nick Kanas, Dietrich Manzey, *Space Psychology and Psychiatry*, Dordrecht: Kluwer Academic Press, 2003.

在物理条件、生活支持、成员心理特征以及任务特征等个人与环境因素交织作用下,行为场和群体动力(group dynamic)直接影响任务绩效与个人健康。^①一般来说,个人的认知系统已经适应了常态环境下可以支持目标导向的行为,而偏离控制的异常环境(如 ICE),则可能导致压力并造成生理或心理问题,也就是勒温动力场理论所指的目标或者紧张。“心理紧张系统不但具有动力性,而且具有结构性、关系性和系统性”,^②是能否继续维持或者打破稳态平衡的关键因素。因此,需要采取干预策略来提高个人的心理适应能力,^③减轻由于团队内合作、协调、沟通不畅,以及成员社会心理适应不足而导致的个人健康和工作绩效下降,^④乃至任务状态动态失衡的风险。

当前,ICE 或者太空任务环境下的群体动力研究主要存在以下几个问题。其一,缺乏长期太空任务下群体协同的相关研究。既有研究指出,短期和长期航天任务对成员的特质有不同的要求,比如,在长期任务中,航天员稳定的情绪状态就不能仅靠自身承受高压的素质与能力来调适,环境场景的科学配置、天地沟通模式的选择等保障机制更应当引起重视。其二,以往研究缺乏对成员个性特征的同质性或异质性,以及成员属性的组合方式的分析。依据已有的航天员选拔标准,个性同质性要求的权重较高,但这一标准仍值得进一步探索,比如,群组成员个性特征互补的团队是否具有更高的凝聚力与协同力。其三,未能充分综合考虑个人特征、团体动态与天地人员沟通质量这三者之间的相互作用。目前,大部分研究基本只关注其中的单一因素,实际上是否是这三种因素的相互作用及最终合力对任务绩效产生了决定性影响,目前仍有待进一步探索。

(二) 干预与调适手段: ICE 条件下群体协同的监测与调控研究

在既往研究中,极端环境下个人和团体表现异常指征的发现,主要来自对不同 ICE 环境中的行为观察实验。较早的“生物圈 2 号”^⑤相关研究中,提出了极端环境下团体协作失常的行为观测指标。^⑥比如,如果群体在继续执行任务和放弃之间反复抉择,或者出现完全依赖少部分成员的情况,甚至出现攻击现领导者的行为,则意味着该群体或已进入失序状态。不过,基于行为观测的指标通常滞后于心理问题带给团队的负面影响。最近的一些研究认为,与心理现象相关的生理数据和脑活动指征应该得到重点关注与研究。举例来说,基于空间和极地的研究显示,压力和情绪会影响个人的内分泌、免疫

① G.M. Sandal, R. Vaernes, T. Bergan, et al., “Psychological Reactions during Polar Expeditions and Isolation in Hyperbaric Chambers,” *Aviation, Space and Environmental Medicine*, vol.67, no.3 (March 1996), pp.227 - 234.

② 申荷永:《论勒温心理学中的动力》,《心理学报》1991 年第 3 期,第 306—312 页。

③ John Leach, “Psychological Factors in Exceptional, Extreme and Torturous Environments,” *Extreme Physiology & Medicine*, vol.5 (June 2016), pp.1 - 15.

④ Lauren Blackwell Landon, Kelley Slack, Jamie D. Barrett, “Teamwork and Collaboration in Long-Duration Space Missions: Going to Extremes,” *American Psychologist*, vol.73, no.4 (May 2018), pp.563 - 575.

⑤ “生物圈 2 号”(Biosphere 2)是美国建于亚利桑那州图森市以北沙漠中的一座微型人工生态循环系统,为了与生物圈 1 号(地球本身)区分而得此名,它由美国前橄榄球运动员约翰·艾伦发起,是爱德华·P·巴斯及其他人员主持建造的人造封闭生态系统。生物圈 2 号是在密闭状态下进行生态与环境研究,帮助人类了解地球是如何运作的,并研究在仿真地球生态环境的条件。

⑥ W. R. Bion, “Experiences in Groups,” *Human Relations: Studies towards the Integration of the Social Sciences*, vol.1, no.3 (1984), p.314.

力和心血管功能。^①

更重要的是,研究者注意到开发成熟的测量方法和无干扰性检测手段的重要性,尤其在航天员正在进行高度复杂的任务时。目前,已有很多可穿戴设备被开发出来,比如佩戴在航天员胸前的徽章,可以通过自动测量声音强度以及成员间的社交距离,来实时反馈成员的情绪和压力状态。^②有开发者建议,通过视频编码的方式,对成员进行面部表情分析以收集团队互动相关的信息,^③并结合采集到的皮肤电反应、心率变化等生理数据,来监测航天员的情绪和心理变化。^④也有学者运用多人实时群际交互实验,以及近红外光谱成像(fNIRS)技术,探索群体间凝聚力和群体内部成员神经活动的同步性等,在决策过程中的作用机制。^⑤

综上所述,目前对于如何评价和调控个人心理适应状态、团队动态以及地空关系还未形成一个较为完整的指标体系与干预措施,尤其缺乏针对长期空间任务和 ICE 特殊环境下的测量与把控研究。因此,本研究提出,其一,已有的载人航天任务的成员选拔标准需要根据航天员在长期任务中处理人际和团队关系的方式与能力进行优化;其二,脑活动机制可以作为群体协同过程中的实时观测指标纳入监测与调控体系;其三,开发有反馈机制的实时监测工具和智能化的调控方法,是提高航天员自适应能力、优化团队成员协同合作的重要手段。

三、航天员空间站环境的群脑协同及评估与预警体系

(一) ICE 空间环境下典型航天任务中成员组合结构的评估模型

调控团队协作和决策行为的研究前提,主要指向任务展开前团组成员的选拔标准。个体特质的同质性和思维的同步性,以及适当的异质性和互补性,都可能通过团队组合的方式结构性地影响人在场域中的决策。因此,需要从个体心理特征、选拔标准以及多人协同的行为模式出发,探索常态典型空间环境下,如何保持任务的正常化与协同决策的有效执行。

首先,成员组合的人格特质。研究发现,自觉性与合群性是“适应性人格”的较佳指标。^⑥一方面,由于航天员在失重、密闭的极端环境中,会处于长期的情绪应激状态,^⑦因此,高度的情绪稳定性、较高的合群性、较高的经验开放性,以及适度的外向性等,是

① Nick Kanas, Dietrich Manzey, *Space Psychology and Psychiatry*, Dordrecht: Kluwer Academic Press, 2003.

② Steve W. J. Kozlowski, Daniel R. Ilgen, “Enhancing the Effectiveness of Work Groups and Teams: A Reflection,” *Perspectives on Psychological Science*, vol.13, no.2(2018), pp.205 - 212.

③ David F. Dinges, “Instrumentation to Track Performance Relative to Behavior,” *Physiology and Blood Chemistry*, (February 2001), pp.1 - 2.

④ Jocelyn Dunn, Erich Huebner, Siyu Liu, et al., “Using Consumer-Grade Wearables and Novel Measures of Sleep and Activity to Analyze Changes in Behavioral Health during an 8-Month Simulated Mars Mission,” *Computers in Industry*, vol.92 - 93 (November 2017), pp.32 - 42.

⑤ Jiabin Yang, Hejing Zhang, Jun Ni, et al., “Within-Group Synchronization in the Prefrontal Cortex Associates with Intergroup Conflict,” *Nature Neuroscience*, vol.23(April 2020), pp.754 - 760.

⑥ Peter Suedfeld, G. Daniel Steel, “The Environmental Psychology of Capsule Habitats,” *Annual Review of Psychology*, vol.51(2000), pp.227 - 253.

⑦ G. M. Sandal, G. R. Leon, L. Palinkas, “Human Challenges in Polar and Space environments,” *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, vol.5, no.2 - 3(July 2006), pp.281 - 296.

适合参与长期太空任务成员的显著人格特征。^①另一方面,群体动力模型包括凝聚力、驱动力以及耗散力(CDD),^②自我和他人之间的心理距离影响了个体在决策时的结果差异。因此,个体的情感预测、自我控制、人际情绪调节能力也非常重要。

其次,乘组人员数量与沟通成本评价。现有研究认为,理想成员群体大约由二至三人构成。^③虽然也有研究发现,群体对决策的信心会随着其人数的增加而升高,但是,随着群体人数的增加,成员对情感凝聚的需求有时会超过对完成任务的需求,同时,沟通成本会增高,决策责任会分散,对外界观点的排斥也会增强。^④

最后,成员的团队构型(team profile model)。多人团队协同过程的中介机制主要涉及信息交换、团队参与、即兴创作、冲突管理、团队反思、边界活动等变量。^⑤个体属性包括性别、职业、角色、性格、国籍、民族等,^⑥团队构型中,个体对任务执行路线的认知与个体属性之间的配对,以及“个体属性—任务属性—环境属性”之间的适配,对于空间任务同样非常重要。因此,内群体的协同合作关系,需要成员的不同人格、属性、特质之间的恰当组合,用以维持典型场景下共情、信任、决策等机制的流畅运作,以及道德消失点的评估等。

(二) 非常态情境下危机决策的协同机制和分工排险的预警机制

影响航天员群体协同决策过程的环境,包括常态环境和非常态环境。常态环境通过物理场景、任务场景和团队场景影响乘组的心理和动力状态。具体包括,其一,物理场景,指乘组人员生活工作的空间站硬件设施,如飞行模式下的微重力、振动、辐射、噪声、限制、隔离等因素;^⑦其二,任务场景,指乘组在轨飞行期间需要执行的常规任务,如指挥链的具体操作、科学实验和空中教学等;其三,团队场景,包括“人—(机器)—人”之间的协同,而以机器为中介的团队沟通还会受到机器特质、反应模式、情感属性、陪伴功能等因素的影响。

非常态环境下的决策指太空空间新场景的探索,以及任务执行过程中突发事件的应对。我国载人航天实现月球及火星等其他星球的登陆已不再是遥不可及的梦想,因此,面向一系列外星球场景的作业任务,如外星球地面着陆与出舱、新重力环境下突发事件应对等,乘组内部成员之间的群体协同决策与分工排险的能力,也是非常态环境任务考验的重要组成部分。

① Lauren Blackwell Landon, Kelley Slack, Jamie D. Barrett, “Teamwork and Collaboration in Long-Duration Space Missions: Going to Extremes,” *American Psychologist*, vol.73, no.4 (May 2018), pp.563 - 575.

② 任小云、段锦云、冯成志:《个体采纳与群体采纳:决策过程中的两类建议采纳行为》,《心理科学进展》2021年第29卷第3期,第549—559页。

③ Norbert L. Kerr, R. Scott Tindale, “Group Performance and Decision Making,” *Annual Review of Psychology*, vol.5 (January 2004), pp.623 - 655.

④ 毕鹏程、席西民:《群体决策过程中的群体思维研究》,《管理科学学报》2002年第1期,第25—34页。

⑤ 赵锴、向姝婷:《如何解决团队创新悖论?基于成员认知风格“组型”与“构型”视角的探究》,《心理科学进展》2021年第29卷第1期,第1—18页。

⑥ C. Cazes, E. Rosnet, C. Bachelard, et al., “Group Dynamics during the Extreme Isolation Study,” *Advances in Space Biology and Medicine*, vol.5 (1996), pp.245 - 262.

⑦ 秦海波、白延强、吴斌等:《载人航天飞行中的情绪研究进展》,《航天医学与医学工程》2012年第25卷第4期,第302—306页。

(三) 面向在轨应用的多人协同行为决策监测与评估指标体系

研究认为,结合人因学与传播学的信息采集与数据监测模式,通过对航天员的言语、动作、表情等交互和非交互信息进行全要素捕捉,构建可量化的评估指标体系,可实现对突发情况的及时预警和有效预测。^{①②} 具体可以分为地面训练期和任务执行期两类。

其一,地面训练期,全要素的信息捕捉与常模建立。对个体在人与人、多人与机器、多人与智能机器人的沟通、交流、协作活动中以及个体独处时,进行长时间、多频次的信息采集,以获得航天员在不同场景、情绪状态下言语、动作、表情、手势等信息的频次、表达习惯和特殊方式,以及常态下生活、工作等任务过程的生理、脑成像数据等,并为每个航天员建立独立的信息数据库。

通过对数据库信息进行分析和建模,构建每个航天员自己的言语表达、动作使用、表情呈现以及手势使用的常模作为基线。以此为基础,把个体航天员作为组成要素,把乘组作为分析单元,考察航天员之间通过人数、性别、年龄、性格以及人格特质等形成的不同搭配,进而构建为乘组情况下的情绪状态、工作绩效和决策水平,以及不同结构乘组的群体决策水平和作业绩效,进一步建立乘组常模,并根据乘组常模选拔执行长期空间飞行任务的备选乘组。

其二,任务执行期,生态级的状态监控与环境优化。根据训练期乘组群体协作决策绩效,选择最优的乘组搭配执行空间在轨任务。对于在空间站或其他星球执行任务的全乘组人员进行实时全息捕捉,针对建立常模的动作、手势、表情、微表情等信息进行周期性提取与分析;通过包含情境意识(situation awareness)的认知工程,对机载航天员与智能设备的自动化交互进行分析,^{③④}并将获取的结果即时与常模进行对比。一旦组内成员的某项活动数据超出常模范围,即达到预警标准时,地面人员应及时与乘组其他人员取得联系,通过组内成员和地面应急咨询人员的通力合作,对状态异常组员开展干预工作。

四、测量群脑协同中认知神经机制的关键技术

在模拟空间环境的训练中,还可以创设特定的新环境和非常态环境,来研究地空干预和天地协同决策时的生理指标和脑同步情况。通过模拟危机突发事件,如航天器气压变化、舱壁破损、通讯信号中断、控制器故障等,研究航天员在面临紧急事件时的即刻反应、对危机的预先感知与认知、协同决策与方案确定,以及分工合作排除险情时的情况;充分应用认知神经科学测量与脑成像技术,在航天员培训和选拔的过程中,在航天员出现心理问题甚至过激行为之前,及时干预并防患未然,^⑤从而对群脑协同的神经机制进行多角度、全方位的拟真分析,并逐步建立行之有效的群脑同步决策干预系统与预

① 喻国明、王斌、李彪等:《传播学研究:大数据时代的新范式》,《新闻记者》2013年第6期,第22—27页。

② 王青、成颖、巢乃鹏:《网络舆情监测及预警指标体系构建研究》,《图书情报工作》2011年第55卷第8期,第54—57页。

③ 陈善广、姜国华、王春慧:《航天人因工程研究进展》,《载人航天》2015年第21卷第2期,第95—105页。

④ 许为、葛列众:《人因学发展的新取向》,《心理科学进展》2018年第26卷第9期,第1521—1534页。

⑤ 陈善广、王春慧、陈晓萍等:《长期空间飞行中人的作业能力变化特性研究》,《航天医学与医学工程》2015年第28卷第1期,第1—10页。

警机制。

(一) 通过核磁共振(fMRI)测量太空环境对大脑结构和功能的影响

ICE 环境中,航天飞行时长、重力改变、空间辐射程度等因素,对大脑结构或功能都会产生影响,可通过 fMRI 技术对比执行不同任务,如长期飞行和短期飞行的航天员在飞行前后的脑结构变化。有研究发现,在比较航天员执行长时程飞行任务以及长期驻扎国际空间站的任务,与执行短期航天飞行任务前后的大脑结构变化后,结果呈现长期飞行的航天员脑中央沟变窄、大脑向上移动和顶点处脑脊液空间变窄的现象。^① 还有研究发现,微重力环境也会给脑功能带来影响,引起航天员顶盖区前庭皮层的激活,以及感知运动皮层和视觉皮层的失活,影响其与前庭有关的大脑活动以及对应的行为,如平衡性和移动性。航天员结束飞行任务后,躯体感觉和视觉皮层失活显著减少,以支持空间飞行后的感觉补偿,这就为航天任务后航天员的神经可塑性提供了支持证据。^②

(二) 通过脑电技术(EEG)探索太空环境对脑高级认知功能的影响

空间飞行过程中的失重情况,对于航天员的运动、学习记忆等高级认知功能也会产生显著影响。研究发现,模拟失重时大脑的记忆功能会发生改变。^③ 一方面,短期飞行任务后,航天员的记忆、视觉空间知觉等几项重要的认知功能未受到损害;然而另一方面,长期飞行作业之后,重力改变会一定程度上影响航天员的学习记忆能力。比如,在飞行后的半个月,有成员出现记忆减退等问题,但之后会逐渐出现好转。有研究通过脑电技术测量也发现,短时间内的头低位卧床模拟失重,会影响大脑的集中注意过程,导致高级认知活动如感知、判断、记忆、心算等能力下降,但一段时间之后,认知、知觉和运动能力还会改善和恢复。还有研究运用 EEG 评估航天员在执行任务时的心理压力,发现身着航天服就引入了更大心理负荷。^④

(三) 通过近红外(fNIRS)研究航天员的情绪和压力水平

运用 fNIRS 等手段,通过多模态生理监测的可穿戴脑成像设备,观测航天员的情绪和压力水平。比如,运用近红外扫描的 NINscan 评估航天员在空间飞行过程中的生理监测和性能评估需求;^⑤通过脑间同步测量探索群脑协同和决策的动力机制;观测模拟受限环境下的对抗隔离环境带来的心理压力,并考察运动干预对心理压力的影响等,^⑥

① Donna R. Roberts, Moritz H. Albrecht, Heather R. Collins et al., "Effects of Spaceflight on Astronaut Brain Structure as Indicated on MRI," *The New England Journal of Medicine*, vol.377, no.18(2017), pp.1746 - 1753.

② K. E. Hupfeld, H. R. McGregor, V. Koppelmans, et al., "Brain and Behavioral Evidence for Reweighting of Vestibular Inputs with Long-Duration Spaceflight," *Cerebral cortex*, vol.32, no.4(February 2022), pp.755 - 769.

③ 吴大蔚、沈羨云:《失重或模拟失重时脑学习记忆功能的改变》,《航天医学与医学工程》2000年第6期,第459—463页。

④ A. F. Rabbi, R. Fazel-Rezai, Z. Abongwa, et al., "Mental Workload and Task Engagement Evaluation Based on Changes in Electroencephalogram," *Biomedical Engineering Letters (BMEL)*, vol.2, no.3(2012), pp.139 - 146.

⑤ Gary E. Strangman, Vladimir Ivkovic, Quan Zhang, "Wearable Brain imaging with Multimodal Physiological Monitoring," *Journal of Applied Physiology*, vol.124, no.3(2018), pp.564 - 572.

⑥ Shin-ichiro Sasahara, Christina-Sylvia Andrea, Go Suzuki, et al., "Effect of Exercise on Brain Function as Assessed by Functional Near-Infrared Spectroscopy during a Verbal Fluency Test in a Simulated International Space Station Environment: A Single-Case, Experimental ABA Study in Japan," *Acta Astronautica*, vol.166 (January 2020), pp.238 - 242.

有研究发现,航天员的运动过程可以促进更好的前额叶皮层活动,对抗隔离环境下压力带来的负面影响。^①

五、提升群体协同效能的有效调控手段与策略

在长期空间任务中,无论是常态还是非常态任务场景,维持个人和团体常模数据稳定与不断调整天地人员关系,都是保证多人协同决策行为顺利进行的基本调控措施。另外,对于常态任务场景下的航天员,提高团体成员积极情绪,促进个体价值与微社会意义的生成,也是促进任务顺利完成的重要策略方向。

现有的危机干预模型,包括平衡模型、认知模型、心理社会过渡模型^②,以及心理急救、“ACT”模型、危机干预六步模型^③等。不过,相较于对心理异常乘组人员的干预,在其问题出现之前避免可能的心理异常,对于乘组人员的身心健康和飞行期间的任务执行来说,都是更加经济和优先的选择。有研究发现,个体经过长时间社会隔离后,往往倾向于对负性刺激更加敏感,而对正性刺激的敏感性降低。^④这种情绪识别中的负性偏向,与社会关系接触、家庭规模和沟通频次的减少显著相关。^⑤因此,航天员在空间站或其他星球执行长期任务时,应适当增加其积极情绪,缓解其由于隔离、封闭和极端环境而产生的生理不适和消极心理现象。具体来说,可以通过以下几个维度的场景建设来加以实现。

(一) 空间站场景优化策略

其一,软件优化。在空间站中,根据飞行任务周期、航天员任务类型、舱内空间职能等,依据算法确定智能射灯对舱内不同区域投射的颜色,不同位置音响播放的音乐等。有研究发现,蓝色和黄色的睡眠用品与使用者的愉悦和觉醒相关,观看植物叶子的颜色也会对放松和情绪状态产生积极影响;^⑥积极音乐同样可以促进人们对积极情绪的控制,^{⑦⑧}而过于放松的音乐则会干扰听者的“视觉-空间”注意控制能力。^⑨其二,硬件补

① John T. Cacioppo, Louise C. Hawkey, “Perceived Social Isolation and Cognition,” *Trends in Cognitive Sciences*, vol.13, no.10(October 2009), pp.447 - 454.

② G.S. Belkin, *Introduction to counselling*, La William C. Brown, 1984.

③ 廖艳辉:《心理危机干预》,《国际精神病学杂志》2020年第47卷第1期,第1—3页。

④ John T. Cacioppo, James H. Fowler, Nicholas A. Christakis, “Alone in the Crowd: The Structure and Spread of Loneliness in a Large Social Network,” *Journal of Personality and Social Psychology*, vol.97, no.6(December 2009), pp.977 - 991.

⑤ John T. Cacioppo, Catherine J. Norris, Jean Decety, et al., “In the Eye of the Beholder: Individual Differences in Perceived Social Isolation Predict Regional Brain Activation to Social Stimuli,” *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol.21, no.1(2009), pp.83 - 92.

⑥ Liu Kexiu, Mohamed Elsadek, Binyi Liu, et al., “Foliage Colors Improve Relaxation and Emotional Status of University Students from Different Countries,” *Heliyon*, vol.7, no.1(January 2021).

⑦ X. Xu, “Influence of Music Intervention on Emotional Control and Mental Health Management Self-efficacy of College Students,” *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, vol.16, no.20(2021) p.134.

⑧ Gunter Kreutz, Ulrich Ott, Daniel Teichmann, et al., “Using Music to Induce Emotions: Influences of Musical Preference and Absorption,” *Psychology of Music*, vol.36, no.1(2008), pp.101 - 126.

⑨ Amélie Cloutier, Natalia B. Fernandez, Catherine Houde-Archambault, et al. “Effect of Background Music on Attentional Control in Older and Young Adults,” *Frontiers in Psychology*, vol.11(October 2020).

充。即为航天员提供疏导情绪的配套措施、多种类型的运动器材、额外的洗澡次数、食物补给,合理安排充足的睡眠和运动锻炼时间等。^{①②}

(二) 积极情感支持策略

使航天员在空间任务开展过程中,应对和减少消极情绪、合理提高积极情绪,实际上是在极端环境下为乘组成员提供社会心理支持的重要对策。比如,为了防止航天员在长时间空间任务中出现无聊、单调、被隔离的感觉,需要考虑到个人在任务过程中不断变化的兴趣和需求,增加个性化休闲娱乐的时间和空间,增加与地面上家人朋友联系的机会等。^③此外,除了地面专业心理咨询人员的辅导,乘组人员之间的相互接纳和支持也被证实非常有效。因此,在保证空间站正常运转的前提下,为乘组人员设置集体休闲时间,如玩游戏、看电影等集体活动,不仅能够增加积极情绪,也可以借此增进群体间的交流。

在交流过程中,乘组成员之间就不涉及价值观的问题进行探讨,^④就共同看过的影视作品甚至明星热度等进行闲聊,都可以帮助其缓解压力及获得团体的精神支持。例如,组内扶持,设计集体游戏、团体活动等;多媒体呈现母语新闻;亲友“会面”:借助新兴技术如 AR/VR 等搭建航天员与亲友虚拟会面的全息式媒介场景;情感表达,语言设计如地面指挥者言语表达,场景设计如与航天员喜欢的“偶像”连线、货运飞船“私人快递”等,都可以增强他们的自我价值感,从而缓解孤独、焦虑甚至抑郁等负面情绪的产生。

(三) 虚拟场景模拟策略

虚拟现实技术提升了人与人交互的在场感和沉浸感。因此,若使身处太空的航天员体验到地球的在场感和归属感;在特殊、重大的节日期间能够借助相关设备感受节日氛围及与亲友团聚;通过视频、文字、音频的方式,实时获取地球上各种新闻事件的播报,则都可在一定程度上降低他们的隔离感,缓解长期隔离环境导致的“第三季效应”。

此外,结合运动相关心理特质,运用飞行模拟器进行虚拟场景模拟,对航天员操作能力、心理运动能力、信息认知能力的测评,在航空心理学领域具有重要的作用。其一,在个人综合能力方面,可用于测量在是否有他人在场以及同伴不同情绪水平的影响下,航天员的认知水平和情绪水平的变化;其二,在环境适应方面,可用于测量环境中的视觉、触觉、听觉刺激,对于航天员感觉注意的任务测试完成度和决策水平的影响;第三,在危机处理方面,在模拟非常态的物理和社交环境中,可用于训练航天员应对、控制和综合把握事态的水平和能力。

(四) 无创刺激技术的干预恢复策略

在太空空间中,航天员的大脑由于颅内压的变化,可能会发生相应的认知功能变

① Judith Lapierrera, Stéphane Bouchard, Thibault Martin, et al., “Transcultural Group Performance in Extreme Environment: Issues, Concepts and Emerging Theory,” *Acta Astronautica*, vol. 64, no. 11 - 12 (June - July 2009), pp.1304 - 1313.

② 陈善广、姜国华、王春慧:《航天人因工程研究进展》,《载人航天》2015年第21卷第2期,第95—105页。

③ Nick Kanas, Dietrich Manzey, *Space Psychology and Psychiatry*, Dordrecht: Kluwer Academic Press, 2003.

④ Judith Lapierrera, Stéphane Bouchard, Thibault Martin, et al., “Transcultural Group Performance in Extreme Environment: Issues, Concepts and Emerging Theory,” *Acta Astronautica*, vol. 64, no. 11 - 12 (June-July 2009), pp.1304 - 1313.

化,甚至导致行为异常如睡眠障碍等。安全和便携的无创刺激技术(NiBS),目前已应用于认知和运动领域,也可用于对航天员认知、运动等技能进行干预、训练和恢复,以支持太空探索中应对机遇和挑战。除此之外,感官训练系统的应用,也可帮助航天员快速适应新的环境。^①此训练系统将现实空间的跑步机和虚拟视觉场景相结合,呈现各种不一致的视觉信息组合。这既为航天员的步态稳定性提供了训练,也可以帮助航天员练习处理具有挑战性和冲突性的新感官信息,以提高他们快速适应的能力。

六、构建群脑协同研究的行动路线图

综上所述,结合场动力理论、社会心理学和认知神经科学等多学科视角,立足 ICE 特殊环境,探讨“人—环—危”场域的群脑协同过程和行为动力机制,本文初步提出以航天员空间环境场景为例的群脑协同研究路线,如图 1 所示。

首先,空间环境下“人”作为关键因素影响多人协作。在长期航天任务中,个人心理状态和综合能力、团体动态与天地人员关系是“人”作为重要因素影响群体协同、合作决策行为与任务绩效的三大主要因素。其一,建立人内传播常模数据。根据任务需求,选择相应人格特质标签,运用量表、生理及认知神经测量工具,^②对模拟太空环境下的乘组成员进行心理生理、脑机制等全方位的数据获取。其二,建立群体传播常模数据。根据群体动力模型提出的要素,如凝聚力、驱动力、耗散力(CDD)等,使用视频编码、问卷测量以及近红外多脑测量方法构建群体传播机制。^③其三,确立天地协同传播关系,结合关系定位(领导/合作)与乘组成员自主性程度(高/低)建立天地人员关系的四个维度,发掘对于群体传播和任务绩效最有效的天地关系类型。

其次,建立空间环境下群脑协同决策行为的测量指标体系。在 ICE 空间环境下,航天员既需要解决常态任务,也需要应对非常态任务即危机决策。无论在何种任务场景下,都可以依据个人的人内常模数据,以及机组内外群体传播常模数据的变化情况,参考群体协同行为下的脑神经机制,如多脑同步性、个体脑区功能连接强度、团体失常表征等实时监测指标,形成测量指标体系与危机决策指标体系,为调控和对抗措施的制定提供科学依据。

最后,调节空间环境下的群体协同决策行为。在长期空间任务中,无论是常态还是非常态任务场景,维持个人和群体的常模数据稳定,不断调整天地人员关系,都是保证群体协同和决策行为顺利进行的基本调控措施。此外,常态任务场景下,提升团体成员的积极情绪,促进个体价值与微社会意义的生成,都是保证航天任务顺利完成的重要策略。

① Jacob J. Bloomberg, Brian T. Peters, Helen S. Cohen, et al., “Enhancing Astronaut Performance Using Sensorimotor Adaptability Training,” *Frontiers in Systems Neuroscience*, vol.9(September 2015), pp.129 - 141.

② J. D. Barrett, A. W. Holland, W. B. Vessey, “Identifying the ‘Right Stuff’: An Exploration-Focused Astronaut Job Analysis,” *Conference of the Society for Industrial and Organizational Psychology*, Philadelphia, (January 2015).

③ Meng-yun Wang, Ping Luan, Juan Zhang, et al., “Concurrent Mapping of Brain Activation from Multiple Subjects during Social Interaction by Hyperscanning: A Mini-Review,” *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, vol.8, no.8(September 2018), pp.819 - 837.

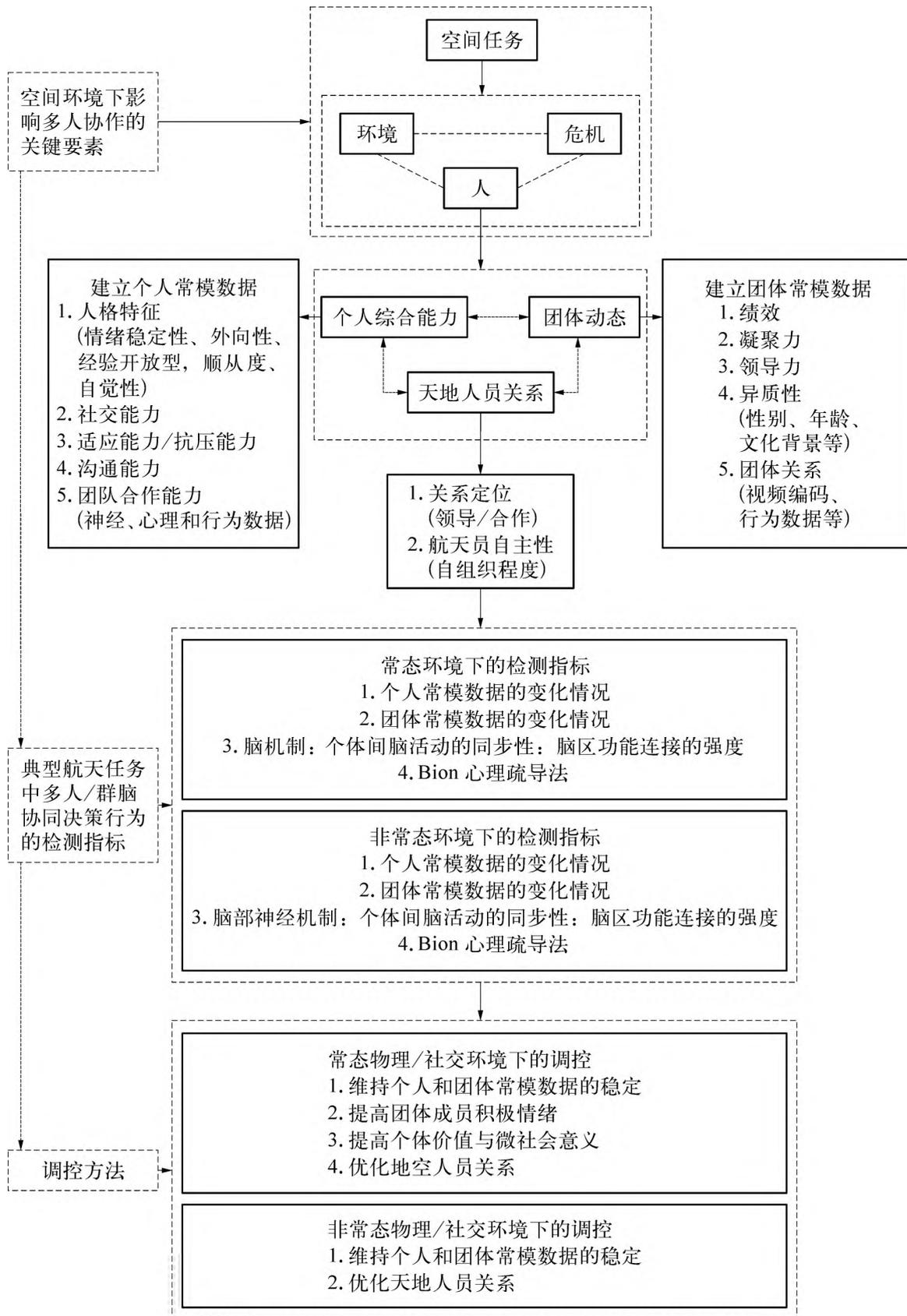


图 1 以航天员空间环境为例的群脑协同研究路线图

Multi-Brain Synchronization and Regulation: A Case Study of Space Station Scene of Astronaut Group

YU Guoming^{1,2}, YANG Ya¹, XIU Lichao¹

(1. School of Journalism and Communication, Beijing Normal University, Beijing 100875 China;

2. Communication Innovation and Future Media Experiment Platform,
Beijing Normal University, Beijing 100875 China)

Abstract: “Human being” is the main influencing factor of team survival and task execution in an ICE (isolated, confined and extreme) environment. The interaction and resultant force of personal characteristics, group dynamics, and ground-air personnel relations have a decisive impact on task performance. This paper proposes a research framework for multi-brain synchronization of the astronaut group in a space station environment, including establishing an evaluation model for the behavioral decision-making and multi-brain synchronization of team members in typical missions in the simulated space environment, establishing the collaboration mechanism in risk decision-making in abnormal situations and the early warning mechanism of division of labor and risk elimination, constructing the multi-person synergism behavior monitoring and evaluation index system for on-orbit applications, and exploring key cognitive neural mechanisms and effective regulation methods for multi-brain synchronization in the simulated space environment, in order to provide a scientific basis for the formulation of multi-brain synchronization and regulation measures.

Keywords: ICE(isolated, confined and extreme) environment; astronaut group; multi-brain synchronization and regulation

(责任编辑:黄谷香)