

## 一、项目名称

非侵入神经调控关键技术 in 精神心理疾病干预中的创新应用

## 二、提名者

陕西省卫生健康委员会

## 三、提名意见

该项目聚焦非侵入神经调控技术在精神心理疾病干预中的难题，开展了系列研究，实现了理论创新、策略优化与技术突破，取得多项原创性成果，为保障全民心身健康做出了贡献。建议提名该项目为陕西省科技进步奖 一 等奖。

## 四、项目简介

2022 年 *Lancet Psychiatry* 报道，全球精神心理疾病从 6.5 亿激增至 9.7 亿，增幅高达 48.1%，已成为全球第二大疾病负担源。我国患病率亦高达 16.8%，约 2.3 亿人深受困扰，青少年抑郁发生率高达 25.8%。目前临床以药物和心理治疗为主，药物治疗副作用大，且存在药物依赖与滥用风险；心理治疗周期长，专业人员短缺，费用昂贵，难以普及。近年来，非侵入神经调控（non-invasive brain stimulation, NIBS）技术凭借其安全性高，副作用小及操作简便等优势迅速崛起，成为精神心理疾病治疗的新方向。其中中枢神经调控技术经颅磁刺激（rTMS）研究最深、证据等级最高、应用最广，外周神经调控技术非侵入耳迷走神经刺激（taVNS）发展最快。然而，这两种技术在临床应用中仍面临诸多挑战：（1）精神心理疾病疾病谱广、神经机制各异、干预脑区未完全明确，导致针对性不强；（2）疗程较长，治

疗效率较低，相关设备笨重、操作专业要求高，难以推广家用；（3）单一神经调控技术干预疗效有限，难以应对精神疾病复杂脑功能障碍。针对上述难题，项目组在 50 项国家、省部级课题资助下，聚焦 rTMS 和 taVNS 两大技术在 PTSD、失眠、成瘾、焦虑等精神心理疾病中的应用，历时十余年的研究与临床实践，取得以下创新性贡献。

**创新贡献一 解析精神心理疾病关键神经机制，发现运动皮层是关键受累脑区，GABAB 受体是关键分子靶点，背外侧前额叶是核心干预靶区**

我们发现运动皮层可塑性损伤是成瘾行为的重要神经基础，运动皮层微环路中  $\gamma$ -氨基丁酸 B 型（GABAB）受体是介导核心症状的关键分子靶点。进一步研究发现，药物成瘾患者的核心症状心理渴求与内侧前额叶皮层至眶额叶皮层之间持续的  $\beta$  频段振荡密切相关，前额叶皮层至伏隔核的功能连接在成瘾行为调控中起重要作用。背外侧前额叶负责高级执行功能并调控运动皮层，我们在临床实践中也证实了以背外侧前额叶为靶区的非侵入性神经调控干预可有效缓解成瘾者的心理渴求与冲动行为。基于以上研究，明晰了背外侧前额叶是精神心理疾病的关键干预靶区，为建立针对性神经调控方案提供了理论依据。该发现在焦虑、抑郁及应激障碍患者中也得到了证实。成果发表于 *Nature* 子刊 *Molecular Psychiatry*、*Science* 子刊 *Science Advances* 及 *Biological Psychiatry*。

**创新贡献二 针对多种常见和危害大的精神心理疾病，提出爆发式短程短时干预新策略，显著提升了精神心理疾病治疗效率。**

基于机制研究，创新性提出以背外侧前额叶（DLPFC）为靶点的 rTMS 药物成瘾干预新策略，使成瘾核心症状—心理渴求评分下降了 33%，疗效至少可持续 2 个月。成果入选 *EBioMedicine* 2020 年度“十大进展”，成为领域内标志性研究之一。然而 rTMS 采用固定频率的连续脉冲刺激靶点脑区，单次治疗需 30 分钟，起效较慢，而爆发式刺激模式采用间歇性簇状高频脉冲串，加大刺激剂量，可大大缩短单次治疗时间。基于此，创建了爆发式短程短时神经调控新策略，通过间歇性循环以特定频率脉冲串作用于靶区，将疗程从 4 周缩短至 1 周，并应用于治疗失眠、PTSD、成瘾等精神心理疾病，效果显著。成果发表于 *JAMA Network Open*、*Biological Psychiatry* 和 *Psychological Medicine* 等权威期刊。哈佛大学麻省总院脑个体差异实验室刘河生团队在 *Brain Stimulation* 肯定了该模式对精神疾病的有效性。

**创新贡献三 针对神经调控技术“单一化”疗效局限问题，提出多模式联合干预新策略，实现协同增效**

DLPFC 作为高级认知和情绪调控的关键脑区，是中枢神经调控，如 rTMS、经颅直流电刺激（tDCS）的重要靶点。而外周迷走神经与 DLPFC 存在“迷走神经-额叶通路”，taVNS 可通过刺激迷走神经传入分支，同样作用于 DLPFC 靶点，形成自下而上的调节。因此，我们创建了多靶点“中枢+外周”神经调控新技术，中枢神经调控选择安全性更高的 tDCS 靶向干预 DLPFC 脑区 F3 及 F4，外周神经刺激选择 taVNS 靶向干预耳甲艇和耳屏部迷走神经，形成双神经联合刺激模式。发现可改善睡眠障碍及 PTSD 等精神心理疾病临床症状，显

著提升工作记忆、认知灵活性及认知加工速度等认知功能，效果优于单独技术刺激，达到了协同增效目的。成果发表于神经调控领域顶刊 *Brain Stimulation*。基于联合干预理念，又创建了“taVNS+慢呼吸”干预新策略，可显著提升精神心理疾病疗效。

**创新贡献四** 为解决 NIBS 设备笨重、操作专业要求高及难以推广导致的患者依从性差等难题，采取医工融合方式，研发多款神经调控新设备。

rTMS 和 taVNS 虽然使用潜力巨大，但都存在仪器设备复杂笨重、操作专业要求高、患者只能到大型医疗机构由专业医生操作完成等问题。这与神经心理疾病治疗需要长期坚持、患者对隐私保护要求高的现状相悖。为解决这一问题，我们采取医工融合模式，研发了多款神经调控仪器：①为提升治疗效率，自主研发了国际首款具有自主知识产权的呼吸门控迷走神经刺激仪；②为满足中枢神经调控的家庭治疗，研发了国内首款具有自主知识产权的便携式医用级弱磁经颅磁刺激仪，刺激强度降低到 0.015-0.030 特斯拉；③为满足外周神经调控的家庭治疗，自主研发了国内首款医疗级便携式迷走神经刺激仪；④为方便多种技术集合协同增效，自主研发了国内首款多模式神经调控刺激仪。

研究发表论文 152 篇（IF > 10 的 13 篇，他引 3518 次），出版教材及专著 9 部，其中《非侵入性神经调控技术原理与实践》是领域代表作。获批国家医疗器械注册证 3 项，授权国际/国家专利 21 项，软件著作权 28 项。研发的设备销往国内，经济效益约 6 亿元，成果转

化 1000 万元。迷走神经刺激设备在 2022 年北京冬奥会上配发运动员使用。培养国家杰青、优青、中国科协青年人才托举工程、军队高层次科技人才等一批优秀专业人才。获各种科技奖励 16 项。基于成果提出的陕西省心理工作建议案，被中共陕西省委办公厅采纳，刊发在《要情快报》专报第 201 期。

## 五、客观评价

### 1.国内外相关技术的比较（科技查新报告）

综合国内外相关文献并委托教育部科技查新工作站对项目查新点进行对比分析，未发现国内外与本项目查新点相同的结论：系统验证 rTMS 对海洛因/甲基苯丙胺成瘾的干预效果，发现 taVNS 对高原失眠障碍及功能性消化不良具有显著疗效；研发多种 iTBS 及 burst 模式参数，实现 PTSD、成瘾及心脏自主神经功能的个体化治疗；通过“tDCS+taVNS”“慢呼吸+taVNS”等组合，显著改善执行功能及迷走神经刺激效率，优于单一干预模式；研发经颅直流电刺激仪及呼吸门控迷走神经刺激仪，实现 tDCS 与 taVNS 联合输出及慢呼吸与迷走神经同步刺激。综上，本项目关于非侵入神经调控技术在精神卫生领域的创新应用在国内具有较高的创新性和科学价值。

### 2.技术检测报告、鉴定意见

本项目创新研发的迷走神经低频刺激仪（陕械注准 20212090036）和经颅直流电刺激仪（陕械注准 20232090120）经第三方机构“陕西省医疗器械质量检验院（原“陕西省医疗器械质量监督检验院”）型式检验，两项产品性能指标均符合国家强制性标准（检验报告编号：

w2020YD0132、w2022YD0023)。经西京医院大样本临床验证，证实可显著改善胃肠病患者消化不良症状以及乳腺癌患者放疗后疲劳；经颅直流电刺激仪创新集成迷走神经联合刺激模块，其与迷走神经刺激的联合增强作用已在脑影像激活以及工作记忆调节上得到验证。两项产品通过权威检验认证，其临床有效性与创新性获国际顶级期刊认可，标志着技术成熟度与临床转化潜力，市场应用前景明确。

### 3.项目验收评价

本项目所有基金资助项目均已通过验收并顺利结题。

### 4.主要科技奖励

本项目系列创新干预技术获得了多项科技奖励。《精神心理问题心理及物理干预技术研究》获陕西高校科学技术研究优秀成果一等奖，《基于趋避训练范式的成瘾行为戒除系统》荣获科技工作者创新创业大赛二等奖，《基于功能磁共振成像的针刺机理研究》荣获中国自动化学会（CAA）自然科学奖一等奖，《针刺脑机制的功能影像学 research》荣获中国体视学学会科学技术奖自然科学一等奖等。《药物成瘾者皮层可塑改变的神经机制及精准干预》荣获上海医学科技青年奖。

### 5.国内外同行专家评述

（1）项目团队关于 iTBS 模式 rTMS 干预 PTSD 新方案的研究成果（*Psychiatry Research*, 2023, IF=11.317）被引用 8 次，哈佛大学医学院 Brown, JC 团队在期刊 *Biological Psychiatry*（2025;97(4), 392-404）引用了本研究，并给予了高度肯定，为临床 rTMS 干预 PTSD 提供了数据支持。

(2) 项目团队关于 rTMS 对海洛因成瘾者治疗方案的研究成果 ( *Biological Psychiatry*, 2016, IF=11.41 ), 被引用 139 次, 包括 *Nature* 子刊 *Molecular Psychiatry* ( 2025, 30(8), 3804-3816) 和 *Nature Communications* ( 2022,13(1), 3990 ) 等权威期刊引用, 体现了临床转化价值。

(3) 项目团队关于 taVNS 干预高海拔地区失眠障碍疗效的研究成果 ( *Brain science*, 2023, IF=2.8) 被 *Sleep* 等期刊引用 5 次。美国佛罗里达大学精神病学系 Bottari 团队引用本研究, 并认为 taVNS 对高原失眠患者的研究对于普通失眠症也具有一定的意义 ( *Sleep*, 2025;(8), 8 ) 。

(4) 关于 rTMS 对海洛因使用障碍患者疗效的研究 ( *EBioMedicine*, 2020, IF=5.736 ), 耶鲁大学的成瘾神经科学家 Vaughn R Steele 在 *EBioMedicine* 发表了专文评述: “一项大样本多中心的临床研究, 以真正科学的模式评估重复经颅磁刺激干预阿片类成瘾的有效性” ( *EBioMedicine*, 2020 Jul;57:102839 ), 并且入选该期刊 2020 年度 “十大进展”, 成为领域内标志性研究之一。

(5) 团队关于 iTBS 模式 rTMS 对甲基苯丙胺成瘾的干预研究成果发表于精神医学领域权威期刊 *Psychological Medicine* ( 2023, IF=5.9 )。哈佛大学附属麻省总医院脑个体差异实验室主任、北京大学客座教授刘河生团队在最新发表在神经调控领域顶刊 *Brain Stimulation* 中引用了该研究, 肯定了 iTBS 模式 rTMS 疗法对精神疾病干预的有效性 *Brain Stimulation* ( 2025; (18)2: 249-258 ) 。

## 六、应用情况

### 1. 应用情况

本项目从非侵入神经调控技术在精神心理卫生领域应用存在的问题着手，通过创新研发干预新方案，研发具有自主知识产权的技术设备，获得系列成果，做出突出贡献。

**（1）研发的神经调控设备临床应用效果显著。**研发的设备销往国内多家医院，有效改善了患者的抑郁、焦虑及失眠等问题，提高了患者的生活质量，反馈效果显著，公认度较高。迷走神经刺激设备在2022年北京冬奥会上配发运动员使用。

**（2）制订《经颅磁刺激戒毒康复管理规范》为司法部门提供科学戒毒手段。**有效降低了吸毒成瘾人员的心理渴求度，综合应用效果良好，为司法部门科学戒毒做出了重要贡献。

**（3）举办神经调控技术培训班成效显著。**在全国举办神经调控技术培训班，培养临床医生1371名，为提升精神科临床技能做出了贡献。

**（4）基于成果的建议案被中共陕西省委办公厅采纳。**团队根据研究成果提出的陕西省心理工作建议案被中共陕西省委办公厅采纳，发表于《要情快报》，为陕西省心理健康工作顶层设计提供了科学依据。

**（5）参加国际国内学术会议扩大了影响。**积极参加国际国内学术会议，包括国际心理学大会、国际成瘾医学脑刺激网络大会、全国心理学大会及中国预防医学会等。引起国内外同行的广泛关注，扩大



了社会影响。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	石家庄庭瑞中医精神康复医院	rTMS 和 taVNS 技术在精神心理疾病中的应用	患者/500 人次	2022.07-至今	万能 /18710642333
2	赵县安济精神卫生医院	rTMS 和 taVNS 技术在精神心理疾病中的应用	患者/800 人次	2021.12-至今	李丹 /18710568235
3	龙口市心理康复医院	神经调控电刺激设备及关键技术	患者/700 人次	2019.01-至今	李玉波/ 15091592667
4	高密市开发区医院	神经调控电刺激设备及关键技术	患者/600 人次	2019.05-至今	黄缨婷 /18682961116
5	江苏省戒毒管理局	应用经颅磁刺激干预毒品成瘾者的渴求、睡眠、认知损害	毒品成瘾者 /8000 人次	2015.12-2021.03	曹新玉 /13951919432
6	浙江省戒毒管理局	应用经颅磁刺激干预毒品成瘾者的渴求、睡眠、认知损害	毒品成瘾者 /4910 人次	2017.01-2021.03	曹新玉 /13951919432
7	中国人民解放军空军 986 医院	非侵入耳部迷走神经刺激技术和经颅磁刺激技术对失眠干预的应用研究	患者/600 人次	2023.06-至今	刘小辉 /13109520725
8	空军军医大学第一附属医院	经皮耳部迷走神经刺激治疗功能性消化不良的随机对照试验	患者/300 人次	2020.8-2021.8	潘阳林/ 15291964969
9	空军军医大学第一附属医院	非侵入耳部迷走神经刺激对改善患者放化疗后疲劳、生活质量及淋巴细胞减少的作用研究	西京医院放疗科患者/300 人次	2019.11-2021.10	潘阳林/ 15291964969
10	空军第 986 医院	rTMS 和 taVNS 技术在精神心理疾病中的应用	患者/600 人次	2022.08-至今	郭彬 /18710642333

## 2. 经济效益和社会效益（限 2 页）

### 经济效益：

本项目相关神经调控技术的广泛应用，带动了医疗和相关设备市场需求的增长。项目组与企业合作，成功实现了产学研融合与成果转化。研发的设备获批国家医疗器械注册 3 项，授权国际/国家专利 21 项，经济效益约 6 亿元，成果转化 1000 万元，销往国内多家医院，其中包括多家三甲医院及精神卫生中心等，有效改善了患者的抑郁、焦虑及失眠等问题，提高了患者的生活质量，产生了一定经济效益，同时促进了健康科技产业的发展。

此外，项目组自 2015 年起，与各省戒毒管理局开展系列合作，在江苏省戒毒管理局、浙江省戒毒管理局等多个戒毒机构应用我们的经颅磁刺激方案对毒品成瘾者的渴求、睡眠、认知损害进行干预，目前已完成应用人次达 2 万人，获得良好效果，并收获了一定经济效益。

### 社会效益：

#### （1）推动了科学技术进步

研发的创新性干预技术及新设备，不仅丰富了精神心理问题的干预手段，还显著提升了疗效与适用性，为精神心理问题的个性化治疗和精准医学提供了新的实践路径，推动了相关技术领域的进步。

#### （2）保护了自然资源和生态环境

通过创新研发非侵入神经调控干预技术，为精神心理问题的治疗提供了有效的替代方案，降低了对药物治疗的依赖。这有助于减少药物生产过程中对自然资源的消耗以及药物使用后可能对环境造成的

污染，从侧面保护了自然资源和生态环境。

### （3）提高了国防保障能力

通过有效的神经调控，可改善军人情绪、睡眠质量和 PTSD 症状，提升认知功能，减少军人因心理问题导致的战斗力下降、任务执行失误等情况的发生，确保军事任务的顺利执行，提高国防应对各种挑战的能力。

### （4）为社会安全稳定做出了贡献

该项目通过研发有效的神经调控干预技术，并在不同群体中推广应用，有助于预防和减少心理问题的发生和发展，从而保障社会的安全稳定。制订《经颅磁刺激戒毒康复管理规范》，降低成瘾者犯罪率，助力平安社会建设。

### （5）提升了心身健康水平

项目研制神经调控干预方案及联合干预方案，提升了对精神心理疾病的干预效果，从而促进患者的健康水平，恢复社会功能，使学生重新回到学校，工作人员重新回到工作岗位，老年人提升自理能力。

（6）培养了一批优秀专业人才。培养国家杰青、优青、中国科协青年人才托举工程等一批优秀人才。项目组成员担任中国心理卫生协会心理咨询师专委会副主任委员、中华预防医学会精神卫生分会常务委员、中国神经科学学会应激神经生物学分会副主任委员、司法部戒毒管理局戒毒专家咨询委员会委员、上海市神经科学学会青年创新工作委员会主任委员等重要学术任职。

七、主要知识产权和标准规范目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	论文	Effects of intermittent theta-burst transcranial magnetic stimulation on post-traumatic stress disorder symptoms: A randomized controlled trial	荷兰	DOI: 10.1016/j.psychres.2023.115533	2023.10	Psychiatry Research	中国人民解放军空军军医大学	苑会羚, 刘斌, 李逢战, 金银川, 郑实, 马竹静, 吴忠英, 陈晨, 张良, 谷亚男, 高幸, 杨群
2	论文	Reduced motor cortex GABABR function following chronic alcohol exposure	英国	DOI: 10.1038/s41380-020-01009-6	2021.02	Molecular Psychiatry	上海市精神卫生中心	彭诗宇, 石哲, 周东升, 王欣悦, 黎兴兴, 刘晓丽, 王卫娣, 林关宁, 潘秉兴, Valerie Voon, Anthony A Grace, Markus Heilig, Ma-Li Wong, 袁逖飞
3	论文	Combined transcutaneous auricular vagus stimulation (taVNS) with 0.1Hz slow	美国	DOI: 10.1016/j.brs.2023.11.015	2023.11	Brain Stimulation	西安电子科技大学	田芊芊, 程晨, 尹紫鑫, 原洋洋, 王聪, 曾啸, 孙金铂, 杨

		breathing enhances insomnia treatment efficacy: A pilot study						群, 杨雪娟, 秦伟
4	论文	10-Hz Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex Reduces Heroin Cue Craving in Long-Term Addicts	美国	doi.org/10.1016/j.biopsych.2016.02.006	2016.08	Biological Psychiatry	上海市精神卫生中心	沈滢, 曹新玉, 谭涛, 单春雷, 王颖捷, 潘继斌, 何浩, 袁逸飞
5	论文	Transcutaneous Auricular Vagal Nerve Stimulation Is Effective for the Treatment of Functional Dyspepsia: A Multicenter, Randomized Controlled Study	美国	doi.org/10.1016/s0016-5085(22)60173-2	2023.10	The American Journal of Gastroenterology	西安电子科技大学	石鑫, 赵丽娜, 罗慧, 邓会, 王湘萍, 仁贵, 张琳惠, 陶芹, 梁淑辉, 柳娜, 黄晓君, 张晓茵, 杨雪娟, 孙金铂, 秦伟, 康小于, 韩英, 潘阳林, 樊代明
6	论文	Transcutaneous Vagus Nerve Stimulation for Insomnia in People Living in Places or Cities with	瑞士	DOI: 10.3390/brainsci13070985	2023.06	Brain Sciences	中国人民解放军空军军医大学	张良, 金银川, 张钦涛, 刘洪瑶, 陈晨, 宋磊, 李骁, 马竹静, 杨群

		High Altitudes: A Randomized Controlled Trial						
7	专著	非侵入性神经调控技术原理与实践	中国	978-7-5773-0477-9	2024.09	郑州大学出版社	西安电子科技大学	秦伟, 杨群, 杨雪娟, 孙金铂, 王聪
8	发明专利	一种勇敢品质训练系统及训练方法	尼日利亚	F/PT/NC/O/2024/14555	2024.11.14	2A-2024-0230	中国人民解放军空军军医大学	杨群, 吴忠英, 任垒, 金银川, 李琦, 崔迪, 袁逸飞, 宋磊, 冯钰婷, 贾倩楠, 马竹静
9	发明专利	一种耳部迷走神经刺激系统及其装置	中国	ZL 2018 1 0903159.2	2022.05.24	CN109045468B	西安科悦医疗技术有限公司	秦伟, 任晓林
10	发明专利	基于密集电极阵列的多目标脑区精确电刺激系统	中国	ZL 2021 1 0607521.3	2022.08.09	5372472	西安科悦医疗股份有限公司	秦伟, 龙戈农

八、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
杨群	1	科室主任	教授	中国人民解放军空军军医大学	中国人民解放军空军军医大学	主持本项目的大部分工作, 对本项目的创新点中第 1、2、3、4 项做出了创新性的贡献。
秦伟	2	无	教授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	主持本项目部分工作, 对本项目的创新点中 2、3、4 做出了创新性的贡献。
袁逸飞	3	执行院长	研究员	上海交通大学医学院附属精神卫生中心	上海交通大学医学院附属精神卫生中心	主持本项目部分工作, 对本项目的创新点中 1、2 做出了创新性的

						贡献。
金银川	4	科室副主任	副教授	中国人民解放军空军军医大学	中国人民解放军空军军医大学	参与本项目部分工作，对本项目的创新点中 2、3、4 做出了创新性的贡献。
杨雪娟	5	无	副教授	西安电子科技大学	西安电子科技大学	参与本项目部分工作，主要贡献是科技创新 2、3、4。
吴忠英	6	无	实验师	中国人民解放军空军军医大学	中国人民解放军空军军医大学	参与本项目的部分工作，主要贡献是科技创新 2、3、4。
梁伟	7	系副主任	副教授	中国人民解放军空军军医大学	中国人民解放军空军军医大学	参与本项目的部分工作，对本项目的创新点 2、3 做出了创新性的贡献。
李逢战	8	系副主任	副教授	中国人民解放军空军军医大学	中国人民解放军空军军医大学	参与本项目的部分工作，对本项目的创新点 2、3 做出了创新性的贡献。
冯钰婷	9	无	讲师	中国人民解放军空军军医大学	中国人民解放军空军军医大学	参与本项目的部分工作，对本项目的创新点 2、3 做出了创新性的贡献。
沈滢	10	科副主任，系主任	主任技师，教授	南京医科大学第一附属医院	南京医科大学第一附属医院	参与本项目的部分工作，对本项目的创新点 1、2 做出了创新性的贡献。
任垒	11	无	讲师	中国人民武装警察部队后勤学院	中国人民解放军空军军医大学	参与本项目的部分工作，对本项目的创新点 3 做出了创新性的贡献。
刘斌	12	无	博士研究生	中国人民解放军空军军医大学	中国人民解放军空军军医大学	参与本项目的部分工作，主要贡献是科技创新 3。
曹新玉	13	科长	/	南京市大连山强制隔离	南京市大连山强制隔离	参与本项目的部分工作，主要贡

				戒毒所	戒毒所	献是科技创新 1、2。
王聪	14	副总经理	/	西安科悦医疗股份有限公司	西安科悦医疗股份有限公司	参与本项目的部分工作，主要贡献是科技创新 3、4。
宋磊	15	无	助教	中国人民解放军空军军医大学	中国人民解放军空军军医大学	参与本项目的部分工作，对本项目的创新点 3 做出了创新性的贡献。

## 九、主要完成单位及创新推广贡献

完成单位	排名	创新推广贡献
中国人民解放军空军军医大学	1	完成科技创新内容 2、3、4 和推广应用，是主要知识产权目录 1、6、8 的所有单位
西安电子科技大学	2	完成科技创新内容 2、3、4，是主要知识产权目录 3、5、7 的所有单位
上海交通大学医学院附属精神卫生中心	3	完成科技创新内容 1、2 和推广应用，是主要知识产权目录 2、4 的所有单位
西安科悦医疗股份有限公司	4	完成科技创新内容 3、4 和推广应用，是主要知识产权目录 9、10 的所有单位

## 十、完成人合作关系说明

在本项目中，杨群与秦伟教授、袁逖飞教授共同指导项目组成员开展研究，完成 SCI 论文与专著撰写、发明专利申报、成果创新及推广应用，强化团队协同合作。杨群带领团队研究骨干金银川、吴忠英、梁伟、李逢战、冯钰婷、任垒、刘斌、宋磊，长期从事 rTMS、tDCS 等非侵入神经调控技术对焦虑、失眠、PTSD 等精神心理健康问题的干预研究，对本项目科技创新 1、2、3、4 做出实质性贡献。秦伟教



授带领团队骨干杨雪娟等，专注于 taVNS 和 tDCS 技术攻关、设备转化及效应验证，对本项目科技创新 2、3、4 做出实质性贡献，并取得重大经济效益。秦伟团队与杨群团队保持长期合作，成果涵盖论文与专著合著。袁逖飞教授团队聚焦 rTMS、tDCS 对物质使用障碍的干预及机制研究，带领成员沈莹、曹新玉等开展研究并确保团队高效运作，对本项目科技创新 1、2 做出实质性贡献。袁逖飞团队与杨群团队保持长期合作，成果包括论文合著与共同授权专利。王聪与以上团队合作完成科技创新 3、4 及技术推广应用。