

让睡眠监测达到“最完美状态”

● 本报记者 陈彬

想象一个场景：在一个陌生的房间里，一张小床旁摆放着各种科研仪器，你的全身被贴上 30 多个电极贴片。此时，你需要做的是在这里睡一个晚上，你能做到吗？如果你还是一名睡眠障碍症的患者呢？

这并不是什么“挑战项目”，而是目前对严重睡眠障碍患者作睡眠信息采集与监测的常用手段。在患者睡眠过程中，30 多个电极会全面记录其呼吸、心跳等生物信息，以及不同睡眠阶段的时长，为医疗人员的诊断提供依据。

不过，这一切的前提是你睡得着。 “人一生有 1/3 的时间处于睡眠状态，但我们对于睡眠状态的感知却很困难。”南京理工大学电子工程与光电技术学院教授洪弘在接受记者采访时表示，传统方式费时、费力，而且由于患者处于陌生环境，其数据也不一定准确。正因如此，非接触式睡眠监测技术成为睡眠监测领域的重要技术研发方向。

不久前，洪弘团队在该研究方向上迈出一大步，他们成功开发出一套非接触式睡眠监测模型及远程管理平台，有望为全球睡眠健康公平性问题的解决提供一条颠覆性的技术路径。近日，相关成果发表于《自然 - 通讯》。

最完美的状态

当前，睡眠健康问题已经成为全球关注的焦点，在我国也是一个公共性话题。

今年 3 月，中国睡眠研究会发布的《2025 中国居民睡眠健康白皮书》显示，目前我国居民整体睡眠状况不容乐观，超过 65% 的受访者长期存在睡眠困扰，

主要表现为夜醒、早醒、入睡困难等，多数人每周都会有 1 到 2 次睡眠困扰。

“睡眠障碍的危害并非‘睡不好觉’这么简单，其最大危害在于‘隐秘性’。”洪弘解释说，很多时候，人们对于轻度睡眠障碍不会太在意，但等到足以影响其日常生活时，往往已到了严重期，而一些诸如“睡眠呼吸障碍”等问题，严重时甚至危及生命。

有睡眠障碍的患者往往会求助于医院或睡眠中心。这些机构要做出准确诊断，前提是搜集患者的详细睡眠信息，但要得到这些信息，就需要患者如本文开头那般，经历“难熬”的一晚。

“目前的状况是普通公众或轻度睡眠障碍患者往往忽视对睡眠的监测，或用一些‘不靠谱’的消费级产品；严重睡眠障碍患者要么需要耗费大量时间和精力做接触式监测，要么受制于地区医疗资源不足，根本无从监测。”论文共同第一作者、南京理工大学教师薛彪直言，长期以来，睡眠领域研究者一直致力于让睡眠监测更便捷、舒适。

“最完美的状态是患者在家睡上一晚，就能拿到完整的睡眠监测报告。”薛彪说，他们的成果便做到了这一点。

用雷达测呼吸和心跳

洪弘团队的研究成果从外观看就像一个手机大小的盒子，只要将其放在床头两米范围内，便能在不做任何身体接触的前提下，对患者睡眠时的呼吸、心跳等数据做详细记录。

至于他们如何做到这一点，就要从洪弘团队的老本行——雷达说起。

洪弘介绍，雷达专业属于南京理工大学的老牌专业，而他所在的电子工程与光电技术学院，其前身之一便是创建于 20 世纪 60 年代的炮兵雷达工程系。在几十年的发展中，该学院的很多技术慢慢实现了“军转民”。

在此背景下，2013 年前后，洪弘团队和国外研究团队合作，共同推出了一个新概念——生物雷达。

“雷达的重要用途是监测物体的运动，这种运动既可以是单向的，也可以是周期性的反复运动，而后者在生物体中有很多体现。”论文第一作者、团队博士生庄中旭举例说，人体胸腔随呼吸进行的扩张与收缩便是如此。此外，心脏的跳动也能在体表产生亚毫米级的振动。只要有足够的技术支撑，这些运动完全可以被雷达精准监测。

经过团队不懈努力，2018 年左右，相关技术的研发已经基本成熟，并得到了业内普遍认可。此时，一个重要问题摆在了洪弘团队面前——这些技术在什么场景下才能发挥最大价值？

对此，他们进行了很长一段时间思考，最终找到答案。

“这项技术的理想使用状态是人体相对静止，不做快速运动，同时呼吸、心跳相对均匀。显然，睡眠状态符合上述所有要求。”庄中旭说。

但新问题接踵而来——通过生物雷达获得的信息，能否准确反映睡眠状态的变化？

想要回答这个问题，需要一份人体睡眠状态的“标准答案”。这份“答案”就藏在各大医院的睡眠科以及睡眠中心。

此后几年，研究团队构建了包含全球多种族人群、总时长超 12.6 万小时的超大规模睡眠数据库，并以此为基础，成功构建出一套高精准的睡眠监测模型。

研究发现，该模型能准确实现睡眠分期和呼吸暂停低通气指数的估计。在测试集中，该模型对四阶段睡眠——入睡阶段、浅睡阶段、熟睡阶段、深睡阶段分期准确率达到 82.13%，对睡眠呼吸暂停低通气指数的估计也表现出极高的稳定性和通用性。

“优势互补、彼此成就”

2024 年，洪弘团队与其他学者共同提出了一个“促进全球睡眠健康公平”的概念。在薛彪看来，这种公平的具体表现形式，就是“我们不需要去医院或睡眠中心，只需要把一个设备放在床头就能实现对睡眠的监测”。

要实现该目标，相关科研成果就不能只放在实验室里。

“我们希望能和企业有一些互补。”洪弘表示，他们目前仍在不断更新迭代相关设备的软硬件系统，力求实现算法的轻量化和硬件设备的小型化，而要实现这些目标，不能单靠一个团队的努力。

“未来，可能一块硬币大小的芯片，就能实现数据的采集、存储、发送以及结果的生成，并与智能家居深度绑定。在这方面，企业有着我们所不具备的优势。”洪弘说，“产业合作的最优状态就是优势互补、彼此成就，这也是我们未来希望达到的效果。”

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1038/s41467-025-64340-y>

（上接第 2 版）

郑海荣：为高端医疗装备贴上“中国智造”

“当前人工智能（AI）仍处于‘数据智能’阶段，AI 依托大数据和大模型赋能各行业。”

郑海荣指出，“未来将进一步迈向‘物理智能’，实现 AI 与物理世界的深度融合互动。最终，通过脑机接口的基础桥梁作用，‘生物智能’阶段有望实现人、机与环境的三元融合，构建智能形态的终极图景。”

中国标准走向世界

从引进、模仿到自主创新，再到引领全球技术潮流，中国高端医学装备的崛起之路，正是“中国制造”向“中国智造”转型的生动缩影。

目前，郑海荣领导的国家高性能医疗器械创新中心正积极与行业联盟推动国产高端医学装备进入欧美市场。对于

国产设备出海，他颇有信心地表示：“我们的部分技术指标已达到国际领先水平，下一步的目标是建立全球标准。”

此外，郑海荣团队正聚焦于新一代无创脑机接口核心技术研究，致力于突破全脑神经信息无创成像、磁共振神经影像翻译、基于离子通道调控的神经信息打印等颠覆性技术，为未来的物理智能、生物智能时代变革提供

核心基础设施。

“科研需要一股不服输的韧劲。”回首来时路，郑海荣感慨不已，“高端医疗装备蕴含的不仅仅是智慧与创新，更承载着人类健康的‘生命方舟’。这场始于一台磁共振仪的科技星火，必将形成燎原之势，照亮亿万生命的健康前路，为推动构建人类卫生健康共同体，贡献闪耀世界的东方智慧与中国力量。”