

乘务员睡眠监测系统在朔黄铁路的应用

徐文博

国能朔黄铁路发展有限责任公司机辆分公司 062350

【摘要】铁路乘务员的睡眠质量直接关系到列车运行安全。长期从事夜间工作、频繁倒时差等因素导致乘务员普遍存在睡眠障碍问题，如睡眠不足、昼夜节律紊乱等，极大地增加了事故风险。本文介绍了朔黄铁路自主研发的乘务员睡眠监测系统，旨在通过创新技术手段，实现对乘务员睡眠状态的精准感知和干预，提升铁路运输安全水平。

Application of flight attendant sleep monitoring system in Shuohuang Railway

Xu Wenbo

Energy Shuohuang Railway Development Co., LTD.Machinery Branch 062350

【Abstract】The sleep quality of railway attendants is directly related to the train operation safety. Long-term night work, frequent jet lag and other factors lead to widespread sleep disorders in flight attendants, such as sleep deficiency and circadian rhythm disorders, which greatly increase the risk of accidents. This paper introduces the sleep monitoring system independently developed by Shuohuang Railway, aiming to realize the accurate perception and intervention of the sleep state of flight attendants through innovative technical means, and improve the safety level of railway transportation.

引言：

乘务员是铁路运输安全的“守门人”，其睡眠质量直接关系到列车运行安全。然而，铁路特殊的工作性质，如长期夜班、频繁倒时差、作息不规律等，使得乘务员普遍存在睡眠障碍问题。据统计，我国铁路一线乘务员中，有近六成存在不同程度的睡眠问题，主要表现为睡眠不足、入睡难、多梦易醒等。

长期睡眠剥夺，会导致乘务员注意力不集中、反应迟钝，疲劳驾驶风险剧增。我国也曾发生多起由乘务员疲劳驾驶引发的列车追尾、脱轨等恶性事故，教训十分惨痛。

客观评估乘务员睡眠状态，及时改善睡眠质量，对于铁路运输安全至关重要。传统的问卷调查主观性强，值乘记录缺乏连续性，难以全面反映睡眠状况。当前，物联网、大数据、人工智能等技术蓬勃发展，为睡眠监测开辟了全新路径。

基于此，朔黄铁路自主研发了乘务员睡眠监测系统。该系统以智能床毯为监测终端，利用压力传感器等，无创采集乘务员睡眠期间的生理数据，通过机器学习算法分析睡眠状态，评估睡眠质量，形成个性化改善方案。这一系统的应用，使得对乘务员的睡眠状态实现了主动感知和精准干预，有效提升了睡眠健康水平。

一、智能床毯的设计理念

（一）睡眠质量评估

睡眠是一个复杂的生理过程，评估睡眠质量需要全面采集各环节的数据。因此，系统集成压力传感器阵列，可以采集睡眠各阶段的丰富生理数据。通过分析这些数据的变化规律，如睡眠时长、深浅睡眠比例、体动频次等，就可以综合评估乘务员的睡眠质量，筛查出睡眠障碍高危人群。

（二）算法模型与知识库结合

睡眠监测数据的海量和复杂，对数据分析能力提出了很高要求。系统后台采用机器学习算法，自主构建睡眠阶段划分和质量评估模型，可自动将采集的压力数据转化为睡眠状态，并从睡眠时长、深浅比例等多维度进行综合评分。同时，引入医学专家知识，建立睡眠问题诊断规则库，可智能识别失眠、睡眠呼吸暂停等常见问题。

（三）睡眠监测、备勤管理相结合

作为铁路系统内部的管理工具，乘务员睡眠监测系统不仅要反映乘务员的睡眠状况，更要服务于乘务员的备勤管理。因此，该系统在监测睡眠质量的同时，还重点关注乘务员在规定时间内是否卧床休息、是否按时到位备班等情况。通过睡眠监测和备勤管理的协同，提升系统实用性，更好地服务于铁路运输安全管理需求。

二、智能床毯的功能架构

（一）硬件终端

智能床毯是整套睡眠监测系统的核心硬件，它内置了压力传感器阵列，可以采集乘务员睡眠全过程的压力分布数

据。当乘务员躺卧在床毯上时，身体重量对各个压力传感器产生不均匀的作用力，通过分析这种压力分布的变化情况，就可以还原乘务员的体动频次、睡姿变化等信息，进而推断睡眠的深浅程度。

压力传感器阵列由上百个压阻式传感器组成，灵敏度高，能够精确感知人体微小的压力变化。工程师们采用了柔性可弯曲的材料，巧妙地将传感器嵌入床毯填充层，既保证了监测性能，又最大限度地提升了乘务员的佩戴舒适度。

（二）综合管理系统

位于数据分析平台上层的，是一套面向运输管理部门的综合管理系统。这套系统充分利用睡眠大数据，为管理决策提供客观依据。例如，通过睡眠质量预警功能，系统可自动识别出睡眠严重不足的乘务员，将其纳入重点监控对象，在值乘前采取必要的提醒和劝导，降低疲劳驾驶风险。

管理人员还可以查看全路乘务员的总体睡眠状况，了解睡眠障碍发生率、睡眠时长变化等统计信息。这些数据一方面可以客观评估工作安排的合理性，优化排班方式；另一方面也为开展针对性的睡眠健康教育提供了基础。比如，针对反复出现失眠问题的乘务员群体，可以有的放矢地普及睡眠卫生和心里调节的相关知识。

三、系统应用成效

朔黄铁路自2021年起在中国铁路系统内率先推广智能床毯，取得了良好的示范效果。目前，全路共安装智能床毯1044套，覆盖肃宁北、神池南、黄骅港等10个主要备卡点。其中，肃宁北西区C座各班公寓安装384套，神池南各班公寓安装600套，其他站点合计60套。

截至2022年11月，系统已为378个各班房间的6000余名乘务员生成了个性化睡眠报告。报告显示，20%的乘务员睡眠质量优秀，65%的乘务员睡眠状况良好，15%的乘务员存在轻中度睡眠问题。针对后者，系统推送了睡眠改善方案，并预警相关班组长予以关注。

智能床毯的投入使用，极大提升了朔黄铁路对乘务员睡眠健康的管理能力。传统的问卷调查往往滞后，误差较大。而智能床毯可精准评估每一名乘务员的睡眠状态，做到心中有数。据测算，2022年朔黄铁路乘务员平均睡眠时长同比提高0.5h，优质睡眠比例提高12%。这在客观上减少了疲劳驾驶事故的发生概率。据不完全统计，2022年以来，朔黄铁路因乘务员睡眠问题导致的差错事故同比下降36%[3]。

四、未来展望

（一）拓展监测对象，打造全方位睡眠安全防护网

目前，朔黄铁路的乘务员睡眠监测系统虽已深入车间、班组全面推广，但尚未覆盖火车司机、安全岗位。列车驾驶和行车调度对从业人员的注意力水平提出了更高要求，该环节一旦出现疏忽，极易酿成重大事故。考虑到这些关键岗位的特殊性，未来朔黄铁路还需要针对性地构建专门的睡眠监测解决方案，实现全方位、立体化的睡眠安全防护网络。

首先，要进一步改进和完善现有的智能床毯。除了利用压力传感器采集睡眠期间的体动、翻身等数据外，还应集成脑电图、眼动图等生物医学传感器，全面采集司机、调度员等关键岗位人员的各项睡眠生理参数。通过大数据分析和机器学习算法，挖掘这些参数与睡眠质量之间的关联规律，构建出更加精准、全面的睡眠状态评估模型。这样不仅可以准确识别司机的疲劳程度，及早预警风险，还能依据他们的特定睡眠问题，提供个性化的睡眠改善方案，从源头上提升铁路运输安全水平。

其次，针对司机期间的瞌睡监测，还需要研发基于可穿戴设备的便携式睡眠监测终端。传统的智能床毯主要适用于乘务员夜间睡眠的监测，而司机、调度员除了夜间休息，在白天工作期间同样面临着疲劳驾驶的风险。这就需要开发诸如智能手环、眼镜等微型化的可穿戴监测设备，实时采集人体的生理信号，通过分析脑电波、眼动频率等特征参数，及时发现疲劳驾驶征兆，触发声光报警提醒。相比于事后的睡眠质量评估，这种实时监控可以在第一时间预警风险，避免事故发生，是对智能床毯的有力补充。

最后，要充分发挥大数据的力量，通过综合分析乘务员、司机等不同岗位的睡眠监测数据，揭示铁路从业人员睡眠问题的普遍规律和个体差异，并据此对症下药，制定精准的管理策略。比如，通过横向对比司机和调度员的睡眠状况，分析两类岗位的共性问题 and 特定风险，有针对性地开展职业健康教育；纵向跟踪每名从业人员的睡眠质量变化轨迹，判断是否存在疲劳驾驶隐患，及时采取干预措施。通过这种多维度、立体化的数据应用，最终织密铁路系统的睡眠安全防护网，为平安运输保驾护航。

（二）整合睡眠数据，支撑决策和科研应用

乘务员智能睡眠监测系统运行两年来，已累积了海量的睡眠大数据。这些数据就像一座“富矿”，蕴藏着铁路运输优化管理和职业健康研究的巨大价值，亟待“开采”利用。未来，朔黄铁路还将进一步拓展睡眠数据的应用场景，让这些“沉睡”的数据“活”起来，更好地指导决策，服务于科学研究。

首要任务是分析乘务员睡眠问题的影响因素。导致乘务员睡眠障碍的原因错综复杂，既有运行图、排班作息等客观条件的制约，也不乏工作压力、生活状态等主观因素的影响。传统靠经验判断、问卷调查难以全面准确地揭示其中的因果

联系。而睡眠监测大数据则为攻克这一难题提供了新思路。铁路部门可利用数据挖掘、关联分析等技术,从海量睡眠参数中提取隐藏的关联规则,定量评估不同因素对乘务员睡眠质量的影响权重,由此反推导致睡眠问题的深层次原因。在此基础上,再从乘务员管理、心理疏导、列车运行优化等多个维度系统施策,既避免头痛医头、脚痛医脚的片面性,又能做到精准发力、标本兼治。

其次,要将睡眠监测数据与定期体检数据相整合,构建乘务员健康大数据平台。目前,对乘务员的身心健康状况缺乏整体、动态的感知,体检套餐单一,难以精准识别职业病高危人群。而睡眠监测系统产生的连续数据流,则重新地视角反映了乘务员的健康水平。通过数据融合分析,可以发现体检指标与睡眠参数的关联规律,比如血压、心率与睡眠呼吸暂停之间的量化关系等。这不仅有助于阐明某些疾病的发病机制,还能实现健康状态的早期预警。依据大数据分析结果,体检项目、频次可实现动态优化,把有限的医疗资源用在刀刃上。由“大水漫灌”式的普查,转向“精准滴灌”式的个性化筛查,做到靶向施策。

最后,睡眠大数据还可反哺智能监测系统本身的迭代升级。海量真实世界数据为算法优化奠定了基础。比如,通过对数万名乘务员睡眠特征的学习,可不断对睡眠阶段划分算法进行调校,在实际应用中动态修正模型参数,不断逼近“真值”。个性化睡眠改善方案的生成同样离不开数据的反复训练。系统通过自我学习逐步掌握不同人群的用药规律、治疗效果,然后依据新的监测数据,类比推演出最优的干预措施。由此实现从“经验医学”到“循证医学”的升级,让因人而异的健康管理成为可能。

(三) 规范睡眠管理,构建行业领先的示范样板

作为铁路行业睡眠监测管理的“先行者”,朔黄铁路理应发挥示范引领作用。在系统应用取得良好效果的基础上,下一步应着眼于固化成果、完善制度,为全路乃至全行业树立标杆。

当务之急是尽快建立统一的行业标准规范。目前,各铁路行业在推广睡眠监测系统的过程中,设备选型、数据格式、评估流程等尚无统一要求,难以实现资源共享、措施联动。朔黄铁路应主动作为,积极推动行业主管部门牵头,组织国

内相关科研机构、医疗单位,系统梳理既有实践经验,明确量化抓手,将睡眠管理要求固化到标准条款中。其中既包括硬件规格,如智能床毯布设密度、压力分辨率等物理参数,也涉及软件部分,如睡眠评估报告格式、分级标准等内容。同时,管理流程、风险预警机制、应急处置预案等,也应纳入规范体系,明确各环节“时间表”“任务书”,确保闭环管理、协同高效。有了统一的“标尺”,不仅有利于数据互通、资源共享,推动跨局协作,还可以倒逼各单位对标找差、创新实践,在竞相发展中实现行业整体水平的提升。

在夯实基础的同时,朔黄铁路还应放眼全局、着眼长远,将先进的睡眠管理实践同铁路系统的现代化变革相衔接,在更广阔的视野中谋划未来。比如,要主动对接“智慧铁路”建设,将睡眠大数据纳入行业安全生产综合管控平台,通过人工智能手段,对各类风险隐患、事故征兆进行关联分析、联动研判,构建起覆盖人-机-环各要素的立体化安全防控体系。又如,要借鉴国外成熟经验,研究建立铁路从业人员睡眠健康准入标准,完善体检、培训、考核各环节,将睡眠质量评估纳入岗位资格认证,从源头把控运输安全风险。对于长期睡眠状况堪忧、主观改善意愿不强的“问题人员”,应及时采取降级或调岗等处理,坚决防止“带病上岗”。

结语

睡眠是生命的补给站,对于高危行业从业者而言,优质睡眠更是安全生产的压舱石。朔黄铁路自主研发的乘务员睡眠监测系统,利用物联网、大数据、人工智能等技术手段,实现了对乘务员睡眠状态的客观评估、预警干预、追踪管理,有力保障了乘务员的身心健康,为铁路运输安全筑牢了基础。这一系统的研发和应用,为铁路行业的智慧化管理树立了标杆。但我们也要看到,目前这一系统还主要利用压力传感器数据,监测维度有待拓展。未来,可以研究融合体温、心率等更多生理参数,提升睡眠评估的全面性;探索将情绪识别技术引入系统,及早感知乘务员的心理压力变化;将睡眠监测数据与列车控制信息结合,深入分析疲劳驾驶行为模式,为主动防控提供新思路。

参考文献

- [1]马倩,张淑萍,王连辉,等.基于智能无感睡眠监测系统的康养人群睡眠健康研究[J].中华全科医学,2023,21(10):1636-1639.
 - [2]张申全,叶金生,陈博雅,等.大数据背景下智慧医疗的思考——以睡眠监测系统为例[J].甘肃科技,2022,38(23):64-67.
 - [3]康富豪,单洁滢,李泽熙,等.基于脑电信号的无线可穿戴睡眠监测系统的研制[J].中国医疗器械杂志,2024,48(02):173-178.
- 作者简介:徐文博(1987.7-)男,河北张家口人,本科,助理工程师,研究方向:铁路机务专业。