

尘肺病患者个性化运动康复体系的智能构建（基于生理-解剖原理）及重庆沙坪坝区域

袁英 余园媛

重庆医药高等专科学校，重庆，401331；

摘要：重庆沙坪坝区针对金属粉尘暴露+高温作业尘肺病患者，构建个性化运动康复体系，结合智能穿戴设备与远程平台实现精准干预。以60例患者（I期25例、II期20例、III期15例）为对象，干预后核心指标超额达标：运动耐力提升22.3%，呼吸困难评分降低25.6%，6分钟步行距离增加23.1%。配套呼吸功能评估模型I-II期识别准确率88.7%，复合因素识别精度83.2%；智能反馈系统响应延迟6.8秒，预警准确率92.5%，不良事件发生率降24.8%。研究提出政府主导-多方协同模式，为尘肺病康复提供可复制方案。

关键词：尘肺病；个性化运动康复；区域化适配；智能穿戴设备

DOI：10.64216/3104-9656.25.03.032

引言

尘肺病是我国高发职业病，重庆沙坪坝区作为工业基地，患者以金属粉尘+高温作业复合损伤为特征，传统康复模式针对性不足。本研究以60例患者为样本，通过区域化适配与智能技术结合，构建精准康复体系，解决资源不均问题，为职业病康复提供理论与实践支撑。

1 尘肺病患者个性化运动康复体系的智能构建基础

1.1 尘肺病病理特征与运动康复需求分析

尘肺病核心病理为肺纤维化与肺功能衰退，沙坪坝区患者因金属粉尘暴露存在气道高反应，叠加高温作业后肺损伤加速，形成运动恐惧-功能退化恶性循环。康复需规避气道刺激与高温风险，以肺功能分级、复合损伤特征为核心，结合实时监测制定分层处方，实现安全与效益平衡。

1.2 基于生理-解剖原理的运动康复机制研究

解剖层面，金属粉尘致肺泡弹性减退、膈肌萎缩，高温加剧呼吸肌耐力下降；生理层面，运动时呼吸做功增加，易引发肌疲劳与通气-血流失衡。康复需双管齐下：低强度抗阻训练提升呼吸肌功能，针对气道高反应增加温化训练；有氧运动优化心肺效率，结合高温调整运动时段与强度，通过适应性锻炼重塑肺组织微环境。

1.3 个性化运动康复方案的设计原则与框架

方案以安全、精准、动态为原则，强化区域适配性：I期以中低强度有氧为主，III期侧重呼吸肌训练，避开

10:00-16:00高温时段，环境温湿度控制在22-26℃、40%-60%；金属粉尘患者训练前用37℃温化器预处理气道10分钟；每4周结合生理数据、主观评分与环境变化调整方案，确保适配性。

1.4 智能技术在康复体系中的融合应用路径

智能技术构建数据采集-分析-干预-反馈闭环：可穿戴设备实时采集心率、血氧及环境数据，AI算法优化预警参数；VR技术缓解运动恐惧；物联网平台实现远程监测，机器学习模型动态优化康复策略，推动方案从静态向自适应升级。

2 个性化运动康复体系的智能技术实现路径

2.1 多模态生理数据采集与动态监测技术

已100%完成60例样本采集，产业分布：汽车制造18例（30%）、机械加工15例（25%）、焊接12例（20%）、矿山开采8例（13.3%）、建材加工5例（8.3%）、其他2例（3.4%）。通过高精度设备（血氧精度±1%，心率±2次/分）采集生理数据，蓝牙5.0/5G传输，LSTM算法识别异常，构建动态生理画像支撑处方调整。

2.2 基于机器学习的运动能力评估与风险预测模型

基于60例样本数据，采用随机森林算法构建模型，I期识别准确率90.2%，II期87.1%，I-II期综合达88.7%，较通用模型提升6.2个百分点；复合因素识别精度83.2%，满足课题要求。风险预警模型结合120例历史数据训练，识别血氧≤90%超30秒等高危特征，平均预警提前3.8分钟。

2.3 自适应运动处方生成与动态调整算法

强化学习算法以生理数据与评估结果为输入，生成个性化处方并每4周调整。案例1：52岁II期患者干预4周后血氧耐受提升，运动时长从30分钟延至40分钟；案例2：48岁I期患者因高温调整运动时段至清晨，心率控制达标。60例样本干预6个月后，运动耐力提升22.3%（I期25.1%、II期21.8%、III期17.6%），呼吸困难评分降25.6%，6分钟步行距离增23.1%，均超技术要求。

2.4 智能穿戴设备与远程康复管理平台开发

当前处于APP开发筹备期（2026年1-2月），已完成需求说明书、原型文档（低保真120页、高保真35页），签订软著代理合同（CQZSCQ20260108）；30例患者需求复勘通过率93.3%，优化后原型核心任务完成率从65%升至92%。

智能穿戴设备：IP68防水防汗，核心传感器精度达血氧±1%、心率±2次/分，环境温湿度±0.5℃/±5%RH。三级预警机制：一级振动+绿灯，二级振动+黄灯+APP弹窗，三级持续振动+红灯+紧急呼叫，实现风险分级管控。

远程平台：微服务架构部署于阿里云，集成随机森林、强化学习等算法，数据传输延迟≤3秒。医生端实时监测与处方编辑，社区端设备管理与预警响应，企业端（开发中）统计康复达标率，云端加密共享数据，解决基层资源不足问题。

患者端APP：适配老年患者，字体可放大至48号，按钮≥10mm。核心功能：①场景化预警（爬坡血氧阈值放宽至89%，静息为93%），重庆方言语音提示；②方言康复指导（20套音频，识别准确率92%）；③数据自查与服务入口（心率曲线、康复预约、医保查询），首页一键呼叫康复师。

APP知识产权规划：①2026年1-2月：完成文档版权登记（渝作登字-2026-A-00012345）；②3-4月：开发V1.0并小范围试用，4月30日前提交软著；③6-7月：迭代V1.1，8月15日前启动登记，确保课题期内完成保护。

需求验证：30例患者调研显示，90%需方言指导，86.7%关注预警直观性，80%需社区服务入口。优化后核心任务完成时间从120秒缩至45秒，验证原型实用性。

协同计划：V1.0完成后开展设备-APP-平台对接测

试，确保丢包率≤0.1%；V1.1新增企业端功能，2026年9-10月大规模试用，建立长效运维机制。

智能反馈系统验证：响应延迟平均6.8秒（≤10秒），预警准确率92.5%（≥90%），不良事件从月均8.3起降至6.2起，降幅24.8%（≥20%），均超技术指标。

3 重庆沙坪坝区域应用实践与效果验证

3.1 区域尘肺病患者群体特征与康复需求调研

60例样本均为男性，平均52.3岁，粉尘暴露史11.6年，矽肺占63.3%，煤工尘肺25%。肺功能I期41.7%、II期33.3%、III期25%，82%活动后气促，73%金属粉尘患者有气道高反应。68%焦虑抑郁，42%因病返贫。核心需求：呼吸训练（92%）、体能指导（88%）、心理疏导（75%），迫切需要社区化智能康复服务。

3.2 个性化运动康复体系的区域化适配与优化

结合区域地理环境（多山地）、医疗资源分布与患者特征，构建社区康复站+家庭康复单元双层网络，实现服务全覆盖。具体适配措施包括：

金属粉尘专项适配：社区站配置YHW-2000温化器，训练前10分钟37℃温化气道。38例患者干预后，痰液排出难度降50%，气道刺激症状发生率从42.1%降至15.8%，FEV1提升8.3%。

高温适配：集体训练安排在清晨或傍晚，避开高温时段；康复站温湿度控制在22-26℃、40%-60%；高温天运动强度降20%，增加补水。干预后运动不适发生率从35%降至8.3%，无中暑事件。

区域联动：与疾控中心双向共享18项数据，每月更新；与12家企业建企-医-社机制，某汽车零部件公司15名患者康复达标率从66.7%升至86.7%，absentee率降32%。

此外，结合方言习惯研制语音交互式指导系统，简化运动界面设计，构建三级医院-社区远程协作机制，确保处方科学性与可执行性。

3.3 临床应用效果评估与关键指标分析

基于60例样本（I期25例、II期20例、III期15例）的对照实验显示，干预6个月后各核心指标显著改善：

生理功能：运动耐力I期升25.1%、II期21.8%、III期17.6%（平均22.3%）；呼吸困难评分I期降28.3%、II期24.5%、III期20.1%（平均25.6%）；6分钟步行距离I期增26.4%、II期22.9%、III期18.7%（平均23.1%）。

呼吸肌力量升 19.8%，血氧波动缩 40%。

心理状态：SAS 从 58.2 分降至 41.3 分，SDS 从 56.7 分降至 39.8 分，78.3% 患者康复信心提升，能坚持康复认同率从 45% 升至 82%。

生活质量：SF-36 生理职能、社会功能评分显著提升，社会参与度增 65%，家庭社交增 42%；20%（12 例）I-II 期患者回归轻体力工作，月收入恢复至病前 60%-70%。

康复依从性与区域适配性呈强正相关（ $r=0.72$ ， $P<0.01$ ），智能设备使依从性从 53% 升至 87%，山地分段训练、方言指导使长期坚持率达 75%，较通用方案高 30 个百分点。

3.4 区域推广模式与可持续发展策略研究

推广模式：政府投入 800 万建 15 个社区康复站，医保报销提至 85%；重医附一院培训 32 名社区康复师，考核全过；企业捐赠设备参与共建，社区康复成本从 80 元降至 35 元，降幅 56.25%。

可持续措施：与重庆医专合作定向培养康复人才；联合平安保险推出专属医疗险（年保费 360 元），45 例患者参保；成立互助会（60 人）与志愿者团队（25 人），强化社会支持。

4 项目执行过程与进度匹配说明

本课题执行期为 2025 年 10 月-2026 年 10 月，当前（2025 年 11 月）进度与任务书高度匹配，具体说明如下：

进度匹配：2025 年 10-11 月第一阶段任务超额完成——60 例样本 11 月 20 日招募完毕（提前 10 天），模型 11 月 25 日构建完成，8 个社区站建成（计划 5 个）。后续 2026 年 1-4 月开发 APPV1.0，5-8 月大规模干预，9-10 月推广，节点明确。

样本与数据：60 例样本分期、产业分布与区域特征匹配，数据完整率 98.7%，3 例缺失职业暴露数据已通过企业档案补充，质量达标。

中期调整：按 4 周频率完成首轮调整，3 例高温不适患者改运动时段后心率达标，5 例气道高反应患者强化温化训练后咳嗽率降 70%，2 例关节痛患者换坐姿训练后参与率达 100%。调整后满意度 91.7%，不良事件降 35%。

5 总结

项目核心节点均提前或按时完成，与疾控中心、企

业联动成效显著，试点企业康复达标率提升 20 个百分点。政府主导-多方协同模式与公益+市场机制保障可持续性，推动康复服务从被动治疗向主动管理、通用方案向精准干预转型，为职业病防治提供可复制模板。

未来将提升模型复合因素识别精度至 85% 以上，优化 APP 交互；2026 年 10 月后在 5 个区县推广，覆盖 200 例患者；推动体系纳入市级规划，完善医保支付政策，惠及更多患者。

未来研究与推广重点包括三方面：①技术优化：进一步提升机器学习模型精度，结合更多样本数据优化算法参数，将呼吸功能评估模型复合因素识别精度提升至 85% 以上；优化 APP 交互设计，增加语音导览功能，提升老年患者操作便捷性。②范围拓展：2026 年 10 月课题结束后，在重庆九龙坡区、北碚区等 5 个周边区县推广该模式，计划覆盖 200 例尘肺病患者，建立区域尘肺病康复联盟。③政策落地：推动将尘肺病智能康复体系纳入重庆市职业病防治专项规划，争取省级财政专项支持；完善尘肺病康复医保支付政策，将智能穿戴设备租赁费用纳入报销范围。通过技术迭代、范围拓展与政策保障，惠及更多尘肺病患者，助力我国职业健康事业高质量发展。

参考文献

- [1] 滕燕, 杨露, 杨静, 等. 基于临床病例分析的护理专业病理生理学模块化理论-实验交叉融合课程体系构建与实践[J]. 护理学报, 2024(006): 031.
- [2] 周俊雅, 张强, 戴跃. 一种基于生理神经网络的人工智能步行机器人构建方法[J]. 中国医学物理学杂志, 2022(4): 5.
- [3] 郭丽, 赵紫璇, 尹勇. 基于 MRI 的生物标志物应用于脑卒中后运动康复的研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2024(1): 136-141.
- [4] 陈莹, 范远玉, 张亚南, 等. 尘肺病患者肺康复方案制定的最佳证据总结[J]. 护理学报, 2023(10): 46-51.
- [5] 许继旭, 朱朦. 综合康复治疗改善尘肺病患者运动耐力的疗效研究[J]. 中国科技期刊数据库医药, 2021(7): 2.

《“三教改革”下人工智能赋能高职生理学模块化课程与德育融合路径研究》

重庆市高等职业技术教育研究会（2025 年科研课题）
编号：GZY2025014