

# 疲劳监测技术在智慧矿山安全管理应用

唐丽娜

江苏恒旺数字科技有限责任公司

DOI:10.12238/fgmsmr.v1i1.9369

**[摘要]** 本文探讨了疲劳监测技术在智慧矿山安全管理中的应用。近年来,我国矿业飞速发展,使得矿山作业安全问题受到关注。而运用疲劳监测技术,实时监测操作人员生理行为指标,准确评估疲劳程度;发现潜在安全隐患,提出对应改进措施是智慧矿山安全管理的重要手段。基于此,本文介绍疲劳监测技术基本原理,如生理信号监测、行为特征分析等。指出该技术在智慧矿山安全管理中的具体应用,实时监测矿工疲劳状态,重新设计预警系统。推行数据分析反馈机制,表明疲劳监测技术可提升矿山作业安全,减少因疲劳导致的事故风险。

**[关键词]** 疲劳监测; 智慧矿山; 安全管理; 事故预防; 技术应用

中图分类号: TU714 文献标识码: A

## Application of fatigue monitoring technology in safety management of smart mines in open-pit mines

Lina Tang

Jiangsu Hengwang Digital Technology Co.,Ltd

**[Abstract]** This paper discusses the application of fatigue monitoring technology in the safety management of intelligent mine. With the rapid development of mining industry in China, the safety of open-pit operation has been concerned. The fatigue monitoring technology is used to monitor the physiological behavior indexes of operators in real time and evaluate the fatigue degree accurately. Discover potential safety hazards and propose corresponding improvement measures. This paper introduces the basic principles of fatigue monitoring technology, such as physiological signal monitoring, behavior characteristics analysis, etc. The application of this technology in the intelligent mine safety management of open-pit mine is pointed out, the fatigue state of miners is monitored in real time, and the early warning system is redesigned. The data analysis feedback mechanism is developed, which shows that fatigue monitoring technology can improve mine operation safety and reduce the risk of accidents caused by fatigue.

**[Key words]** fatigue monitoring; Smart mining; Security management; Accident prevention; Technology application

近年来,我国矿业飞速发展,使得矿山作业安全问题受到关注。而智慧矿山安全管理过程中借助现代技术手段,有助于提高矿山安全管理水平,减少事故发生。并且实际的矿山作业过程中,由于矿工长时间、高强度劳动的作业,容易产生疲劳问题,使得操作失误风险几率上升,导致矿山生产安全风险频发。因此在智慧矿山安全管理过程中,需要借助疲劳监测技术,实时监测工作人员疲劳状态发出预警,对于提升矿山安全管理水平具有重要意义。

### 1 疲劳监测技术在智慧矿山安全管理中的重要性

#### 1.1 提升矿山安全管理的精准性

疲劳监测技术有助于提升矿山安全管理精准性,在传统矿

山安全管理中,对工作人员疲劳状态判断依赖于管理者观察和工作人员自我报告,该方法不准确也不及时。而疲劳监测技术使用可穿戴设备、生物识别系统等,实时监控工作人员生理指标,如心率、眼动情况等,准确判断其疲劳程度。精准数据支持使管理者准确了解员工状态,采取针对性安全措施<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 预防事故与降低风险

矿山工作环境复杂,一旦发生事故后果十分严重。疲劳是导致操作失误和事故重要原因,借助疲劳监测技术,可在工作人员达到危险疲劳水平前及时发出预警,防止因疲劳过度导致操作失误,降低事故发生风险。预防性安全管理方式保护工作人员工作安全,保障矿山正常运营<sup>[2]</sup>。

### 1.3 提高工作效率与员工健康

借助疲劳监测技术，管理者可合理安排员工工作休息时间，避免员工在疲劳状态工作，提高工作效率。关注员工身体健康，避免长期疲劳工作对员工身体造成不可逆伤害，体现企业人性化管理<sup>[3]</sup>。

## 2 智慧矿山疲劳监测技术原理和方法

### 2.1 疲劳监测技术的基本原理

智慧矿山疲劳监测技术对工作人员生理和行为持续监测，有效评估其疲劳程度。结合生物医学、传感器技术和数据分析等多领域知识，可实时监测工作人员疲劳状态，预防因疲劳引起安全事故。在生物医学方面，疲劳监测技术依赖于人体生理指标监测，如心率、血压、呼吸频等。生理指标在疲劳时会发生变化，因此可作为评估疲劳程度依据。例如，心率变异性分析揭示心脏活动复杂性，间接反映自主神经系统平衡状态，进而评估疲劳程度。

### 2.2 疲劳监测的实施方法

工作人员佩戴特制可穿戴设备，如智能手表、健康手环等。设备内置多种传感器，持续监测工作人员生理数据，如心率、血氧饱和度等。数据通过无线传输到中央处理系统分析，判断工作人员疲劳状态。利用高清摄像头捕捉工作人员面部表情，利用计算机视觉技术分析。疲劳时人的面部表情和眼神会发生变化，如频繁眨眼、闭眼、目光呆滞等，可作为判断疲劳依据。搜集工作人员说话声音特征，如语速、音调稳定性等评估其疲劳程度。疲劳时人的声音会变得低沉、语速减慢。

## 3 智慧矿山疲劳监测技术特点

### 3.1 实时监测与即时反馈

矿山疲劳监测技术具备实时监测功能，持续跟踪工作人员行为状态。佩戴传感器设备，系统可24小时收集数据，如心率变化、眼部活动、脑电波等，实现对疲劳状态监控。一旦发现异常超标，系统立即发出警告提醒，确保问题得到及时解决。

### 3.2 客观评估与精准预警

与传统依赖主观感受评估方法不同，智慧矿山疲劳监测技术提供客观评估标准。依据科学数据分析工作人员疲劳程度，减少人为因素干扰。当监测到工作人员达到预设疲劳阈值时，系统精准发出预警信号，提醒管理者采取相应措施，有效预防潜在安全风险。

### 3.3 个性化设置与灵活性

智慧矿山疲劳监测技术允许根据每个工作人员具体情况进行个性化设置，不同人生理特征和工作习惯各不相同，系统可根据个体差异调整监测参数，确保监测准确性。该技术具备灵活性，可轻松集成到现有矿山管理系统中，与其他安全设备协同工作。矿山疲劳监测技术可提供实时监测预警，记录大量数据，对后续改进至关重要。例如对历史数据挖掘分析，管理者可了解工作人员在不同时间、不同环境下疲劳状况。

## 4 智慧矿山安全管理现状分析

### 4.1 智慧矿山安全管理的技术基础

智慧矿山建设依赖于矿山数字信息化，许多矿山通过三维地质建模、数字孪生等技术实现矿山数字化管理。可精确评估矿山资源、优化开采计划，实时监控生产过程，显著提高资源利用率。现代矿山广泛采用自动化设备，如无人驾驶采矿设备、智能化选矿系统等，大幅提升矿山生产安全性。

### 4.2 智慧矿山安全管理的实践应用

智慧矿山引入智能安全监控系统，实现对矿山生产过程预警。及时发现潜在安全隐患，显著提高矿山安全生产水平。例如，某些先进监控系统利用大数据分析技术，对矿山环境各参数进行实时监测，发现异常情况并发出警报。在智慧矿山中，人员定位和紧急救援系统应用普及。精确追踪矿工位置，在紧急情况下提供及时救援指导，有效降低矿山事故风险。

## 5 疲劳监测技术在智慧矿山安全管理中的应用

### 5.1 应用于实时监控和预警系统

通过传感器收集工作人员数据，以高达数百赫兹采样率持续记录数据。例如，心电图监测器实时捕捉工作人员心电信号，每分钟记录多达1000次心跳数据，精准反映出心脏跳动频率是否正常。运用心率变异性分析、眼动数据分析等算法评估工作人员疲劳状态。例如心率变异性分析可计算心跳间隔微小变化，评估心脏自主神经系统活动情况，判断工作人员疲劳程度。分析可达毫秒级精度，确保对疲劳状态实时掌握。一旦系统检测到工作人员疲劳数据超过预设安全范围，会立即启动预警机制，如表1所示。与矿山其他安全系统紧密集成，如瓦斯监测系统、视频监控系统等。使得管理者在统一界面查看所有相关安全数据，做出全面决策。

表1 疲劳指标数据表格

指标名称	数值范围	评估标准
心率（次/分钟）	60-100	>100 可能表示疲劳或过度劳累
眼动追踪数据	眼球移动速度	速度明显下降可能表示注意力分散或疲劳
	注视时间	时间增长可能表示视觉疲劳
脑电波频段活动	$\alpha$ 波活动增加	可能表示放松或轻度疲劳状态
	$\theta$ 波活动增加	可能表示深度放松或疲劳状态
连续工作时间	小时数	长时间工作可能导致疲劳累积
工作强度	低/中/高	高强度工作更易导致疲劳

### 5.2 应用于工作人员排班与调度

管理者为每位工作人员制定个性化排班计划，例如容易疲劳或恢复速度较慢员工，可以将工作时间安排在一天中相对清

醒、精力充沛时段。利用智慧系统监测工作人员疲劳状态,实时反馈给管理者。一旦发现某位工作人员疲劳指数超过安全阈值,管理者立即进行调度调整,安排该员工休息。对历史疲劳数据分析,系统可预测未来一段时间内工作人员疲劳趋势。使管理者提前进行排班调度规划,确保在任何时候有足够数量且状态良好的工作人员在岗。如表2所示,对某智慧矿山的全体员工疲劳数据综合分析,以达到实现人力资源最优配置目的。

表2 疲劳值排班计划

日期	员工姓名	岗位	上班时间	下班时间	疲劳指数	备注
5月1日	林志豪	A	08:00	16:00	低	
5月1日	赵雅婷	B	09:00	17:00	中	
5月1日	陈嘉伟	C	10:00	18:00	高	注意休息
5月2日	林志豪	B	09:30	17:30	中	
5月2日	陈嘉伟	C	10:00	18:00	低	
5月2日	赵雅婷	A	08:00	15:00	中	提前下班休息
5月3日	陈嘉伟	C	10:30	18:30	高	注意休息
5月3日	林志豪	A	08:00	16:00	低	
5月3日	赵雅婷	B	09:00	16:30	中	

### 5.3 应用于安全培训与意识提升

开展安全培训教育,让员工佩戴疲劳监测设备,系统记录生理数据,如心率变化、眼动反应等。当数据显示出员工处于疲劳状态时,培训师解释疲劳对操作安全影响。疲劳监测技术帮助培训师根据每个员工实际情况制定个性化培训方案,如考虑每个员工疲劳阈值、恢复速度等个体差异,根据信息调整培训强度,确保培训方案有效。在安全培训中,模拟实操非常重要。模拟真实操作环境,员工可在相对安全情况下体验各种操作场景,学习如何应对突发情况。在此过程中,疲劳监测技术可发挥重要作用。

## 6 结束语

综上所述,疲劳监测技术在智慧矿山安全管理中应用有效提升矿山作业安全性。准确监测矿工生理状态,预警潜在疲劳风险,为管理者提供科学数据支持,合理安排工作计划。在智慧矿山建设中,疲劳监测技术将发挥重要作用,助力矿山行业实现高水平安全生产管理。疲劳监测技术已成为智慧矿山安全保障体系重要一环,为矿工生命安全保驾护航。

### [参考文献]

[1]蒋文娟.矿山铁路钢轨无损连接装置优化应用[J].机械管理开发,2023,38(10):41-42,45.

[2]田中超.基于“2~4模型”的露天矿用宽体车伤害事故原因及对策[J].中国矿业,2023,32(6):183-188.

[3]杨荣明,丁震.国家能源集团矿用卡车无人驾驶建设实践[J].智能矿山,2022,3(6):11-20.

### 作者简介:

唐丽娜(1983--),女,汉族,内蒙古乌兰察布市四子王旗人,本科,副总经理、智慧矿山安全管控系统。