

积极开展职业伤害防控，助推全方位保障劳动者健康

朱晓俊，谷一硕，樊晶光

国家卫生健康委职业安全卫生研究中心，国家卫生健康委粉尘危害工程防护重点实验室，北京 102308

摘要：

劳动者在职业生命周期，可能面临职业伤害、职业病、工作相关疾病等多种健康问题的侵袭，如何全方位保障劳动者健康是亟须解决的关键科学问题。劳动者在职业活动中呈现出多种职业危险因素复杂暴露或多种疾病共存的特点，职业伤害与职业病、工作相关疾病存在紧密关联。在大卫生大健康背景下开展职业伤害防控，应进一步增强系统观念，突出“全过程”和“全方位”，即建立健全覆盖监测-评估-干预及干预效果评价全过程的职业伤害监测体系，并构建职业伤害与职业病、工作相关疾病联防联控策略，助推在政府、社会、用人单位、劳动者等多个层面开展高效集约化健康管理，努力实现全方位保障劳动者健康。在探讨职业倦怠、职业紧张、共病等因素对职业伤害的可能影响时，引入机器学习方法，为开展职业伤害影响因素的识别分析及作用机制探讨提供了新的分析思路。

关键词：职业伤害；职业健康保护；职业倦怠；职业紧张；共病；机器学习

Actively carrying out prevention and control of occupational injuries, and promoting comprehensive protection of workers' health ZHU Xiaojun, GU Yishuo, FAN Jingguang (National Center for Occupational Safety and Health, National Health Commission of the People's Republic of China, NHC Key Laboratory for Engineering Control of Dust Hazard, Beijing 102308, China)

Abstract:

During the career life cycle, workers may face various health problems such as occupational injuries, occupational diseases, and work-related diseases. How to comprehensively protect the health of workers is a crucial scientific issue that needs to be solved urgently. Workers show the characteristics of co-exposure to multiple occupational risks or co-existence of multiple health conditions in their occupational activities. Occupational injuries are closely related to occupational diseases and work-related diseases. To carry out prevention and control of occupational injuries in the context of "big health", we should further strengthen the systematic approach and highlight the concept of "overall process" and "all-round". That is to establish an occupational injury surveillance system covering the whole process of surveillance-assessment-intervention and the evaluation of intervention effects, and to set up the joint prevention and control strategy of occupational injuries, occupational diseases, and work-related diseases. This will promote the implementation of efficient and intensive health management at government, society, employers, workers and other levels to achieve all-round protection of workers' health. When exploring the possible effects of job burnout, occupational stress, comorbidity, and other factors on occupational injuries, the introduction of machine learning methods provides a new approach to identifying and analyzing the influencing factors of occupational injuries and to exploring potential underlying mechanisms.

Keywords: occupational injury; occupational health protection; job burnout; occupational stress; comorbidity; machine learning

保障人民生命安全和身体健康是党和国家的重要任务。中共中央、国务院于2016年10月印发的《“健康中国2030”规划纲要》，立足全人群和全生命周期两个着力点，将实现全民健康作为建设健康中国的根本目的。根据国民经济和社会发展统计公报，2023年末全国人口140967万人，其中就业人员74041万人^[1]。劳动者作为全人群的重要组成部分，是社会生产力的主要承担



DOI 10.11836/JEOM25018

组稿专家

朱晓俊(国家卫生健康委职业安全卫生研究中心), E-mail: zhuxj_bj@126.com

作者简介



朱晓俊(1980—)，博士，国家卫生健康委职业安全卫生研究中心研究员，硕士生导师。兼任中国职业安全健康协会职业卫生专业委员会常务委员，中国卫生监督协会职业卫生专业委员会常务委员，中国卫生监督协会团体标准委员会职业病诊断标准委员会委员兼秘书长，《环境与职业医学》杂志青年编委，《中国职业医学》《中国工业医学杂志》等编委/常务编委，从事职业卫生、职业伤害等研究工作。E-mail: zhuxj_bj@126.com

通信作者

樊晶光, E-mail: fan-jg@263.net

作者中包含编委会成员 有

伦理审批 不需要

利益冲突 无申报

收稿日期 2025-01-13

录用日期 2025-01-15

文章编号 2095-9982(2025)02-0127-06

中图分类号 R135

文献标志码 A

► 本文链接、作者贡献申明

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM25018

► 引用

朱晓俊, 谷一硕, 樊晶光. 积极开展职业伤害防控, 助推全方位保障劳动者健康[J]. 环境与职业医学, 2025, 42(2): 127-132.

Correspondence to

FAN Jingguang, E-mail: fan-jg@263.net

Editorial Board Members' authorship Yes

Ethics approval Not required

Competing interests None declared

Received 2025-01-13

Accepted 2025-01-15

► Link to this article, author contribution statement

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM25018

► To cite

ZHU Xiaojun, GU Yishuo, FAN Jingguang. Actively carrying out prevention and control of occupational injuries, and promoting comprehensive protection of workers' health[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2025, 42(2): 127-132.

者, 社会进步和发展的重要推动者, 但他们在职业生命周期, 可能面临职业伤害、职业病、工作相关疾病等多种健康问题的侵袭。伴随着人口老龄化和少子化问题的持续加重, 社会总抚养比的逐步提高^[2], 以及渐进式延迟法定退休年龄政策的落地实施, 如何全方位保障劳动者健康是亟须着力解决的一项关键科学问题。

职业伤害在全球范围内普遍存在, 无论发达国家还是发展中国家都面临着这一问题和挑战。职业伤害是劳动者在职业活动中由于突然间或短暂地受到不可耐受的能量作用而导致的人体损伤, 其特点是能量暴露与伤害出现的时间间隔非常短暂^[3], 可引起致命性伤害以及永久性全失能、永久性部分失能、暂时性失能伤害等健康结局, 这些结局与职业病、工作相关疾病等交织叠加。国际劳工组织(International Labour Organization, ILO)按损伤类型或伤害性质将职业伤害分为: 浅表损伤和开放性伤口, 骨折, 脱位、扭伤和劳损, 创伤性切断, 脑震荡和内脏损伤, 烧伤、腐蚀、烫伤和冻伤, 急性中毒和感染, 其他特定类型的损伤, 类型不确定的损伤共 9 大类^[4]。全球疾病负担研究(Global Burden of Disease Study, GBD)按照危险因素-结局对, 将职业伤害分为意外伤害和交通伤害 2 大类, 意外伤害包括跌落、淹溺、灼烫、中毒、机械伤害、动物接触、异物、其他, 交通伤害包括道路伤害、其他交通伤害^[5-6]。

根据 GBD 最新研究结果, 2021 年中国人群归因于职业性致癌物, 职业性致喘物, 职业性颗粒物、气体和烟雾, 职业性噪声, 职业伤害, 职业工效学因素共 6 类(种)职业危险因素的死亡数、伤残调整寿命年(disability-adjusted life years, DALYs)分别为 40.8 万人和 1790.1 万人年, 其中归因于职业伤害的死亡数、DALYs 分别为 7.5 万人和 492.0 万人年(占 18.4%和 27.5%)^[6-7]。职业伤害不仅给受害者带来身体和精神上的痛苦, 还可能导致长期残疾甚至死亡。此外, 它还给受害者家庭带来沉重的经济负担和精神压力。从社会层面来看, 职业伤害还会导致生产力下降、经济损失增加, 甚至影响社会稳定。本文从多病多因素共防共管的角度, 探讨加强职业伤害防控及其与职业病、工作相关疾病联防联控策略, 为助推全方位保障劳动者健康提供参考。

1 职业伤害是重要的职业健康问题

为推动实施健康中国战略, 把以治病为中心转变到以人民健康为中心, 预防控制重大疾病, 积极应对人口老龄化, 为人民群众提供全方位全周期健康服务,

2018 年 3 月, 中共中央印发了《深化党和国家机构改革方案》, 组建了国家卫生健康委员会, 并将原国家安全生产监督管理总局的职业安全健康监督管理职责整合到国家卫生健康委员会。近年来, 职业健康领域围绕着机构改革、职能调整以及国家“放、管、服”改革的要求, 开展了《职业病防治法》《职业健康检查管理办法》《职业卫生技术服务机构管理办法》《工作场所职业卫生管理规定》《职业病诊断与鉴定管理办法》等法律法规规章以及一批标准的修订、调整和制定。同时, 在树立“大卫生、大健康”理念, 大力实施健康中国行动的背景下, 职业健康保护行动、国家职业病防治规划、健康企业建设, 争做职业健康达人等重要的行动、规划和政策措施相继实施。

随着这些法律、法规、标准和政策的落地生效, 职业病防治工作取得了明显成效。根据卫生健康事业发展统计数据, 在“十二五”时期(2011—2015 年)、“十三五”时期(2016—2020 年)和“十四五”时期(目前已公布 2021—2023 年数据), 年均职业病报告发病人数分别由 28567 例、23707 例下降至 12867 例, 但根据人力资源和社会保障事业发展统计数据, 同期年均认定工伤人数由 115.6 万人、108.7 万人上升至 131.3 万人。我国工伤保险基金支出也由 2011 年的 286 亿元持续增加至 2023 年的 1237 亿元, 且 2020、2021、2023 年均出现了支出大于收入的情形。虽然工伤不等同于职业伤害, 但大部分工伤属于职业伤害^[8]。由于我国尚缺乏精准完善的职业伤害监测数据, 仅以国内工伤相关数据说明有关问题, 反映出我国因职业伤害造成的健康损失和疾病负担数字庞大且仍可能有上升趋势。

作为职业安全与职业健康的交叉学科领域, 无论从危险(或危害)因素还是从健康结局上看, 职业伤害与职业病、工作相关疾病都是存在着紧密关联的健康问题。世界卫生组织(World Health Organization, WHO)发布的《疾病和有关健康问题的国际统计分类》第十一次修订本(ICD-11)^[9], 将第 22 章(伤害、中毒和外因作用的某些其他后果)和第 23 章(疾病和死亡的外因)所列出的所有急性的机体状态界定为伤害^[3, 9]。结合我国《职业病分类和目录》(2024 年版)进行分析, 以危害因素苯为例, 职业活动中短期内吸入大量苯蒸气引起的急性苯中毒既属于职业伤害也属于法定职业病, 3 个月及以上密切接触苯出现的造血系统损害诊断为慢性苯中毒时属于法定职业病, 接触苯对劳动者免疫系统的健康影响则属于工作相关疾病^[10]。再以创

伤性切断、创伤后应激障碍为例,根据 ILO 文件仅有前者可以判定为职业伤害^[4],根据《职业病分类和目录》(2024 年版)及相关标准可将后者(限于参与突发事件处置的人民警察、医疗卫生人员、消防救援等应急救援人员)诊断为职业病。GBD 2021 将职业性致癌物,职业性致喘物,职业性颗粒物、气体和烟雾,职业性噪声,职业伤害,职业工效学因素共 6 类纳入职业危险因素范畴。WHO 和 ILO 联合发布的对工作相关疾病和职业伤害所致疾病负担研究报告(2000—2016),估算了 19 种职业危险因素所致 41 种健康结局的疾病负担,其中 19 种职业危险因素包括职业接触石棉、砷、苯、铍、镉、铬、柴油机尾气、甲醛、镍、多环芳烃、矽尘、硫酸、三氯乙烯,职业性致喘物,职业性颗粒物、气体和烟雾,职业性噪声,职业伤害,职业工效学因素,长工时^[11]。因此,职业伤害是重要的职业健康问题,与职业病、工作相关疾病等关系密切,有必要将其一同纳入防控范畴,全方位保障劳动者健康。

2 职业伤害的影响因素分析

职业伤害通常是人的不安全行为以及物的不安全状态在一定的时间或空间下相互交叉时发生的^[12],人的不安全行为以及物的不安全状态与多种因素有关,包括人的因素、物的因素、环境因素、管理因素 4 个方面^[13],其中人的因素包括生理及健康状况、心理状况、社会关系、健康及安全意识,物的因素包括设备安全性、防护措施,环境因素包括工作环境、人-机环境,管理因素包括工时制度、工作类型、健康安全管理等^[14]。人的因素中还包含了职业倦怠、职业紧张、共病等近年来在卫生健康领域受到广泛关注的热点问题,其与职业伤害的关系需要引起重视。

职业倦怠(job burnout),是由于长时间的压力、过度工作或剧烈活动而导致的疲劳、沮丧或冷漠^[15]。本课题组研究发现,电缆与船舶制造工人中的职业倦怠发生率较高(为 24.0%),与该人群非致命性职业伤害发生密切相关($\chi^2=12.14$, $P<0.01$),最小绝对值收敛和选择算子(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)回归分析发现该关系为正向相关(系数估计值=0.07),即职业倦怠增加了该人群非致命性职业伤害的发生率^[16]。推测原因,职业倦怠可能导致工人作业时的客观警觉性降低及发生人为失误的概率增加,人为失误则是发生职业伤害事故的重要导因^[17]。Wada 等^[18]发现日本医生发生职业倦怠会引起客观警觉性测试不及格率增加($\beta=0.25$, 95%CI: 0.13~0.36),

Yazdanirad 等^[19]使用贝叶斯网络探索人为失误的影响因素时,发现人为失误的增加与职业倦怠中情感耗竭(变化率=29%)及人格解体(变化率=28%)两个维度有较强关联性。上述结果提示用人单位及相关部门应通过合理分配工作量、提供职业心理辅导等干预手段减少职业倦怠的发生,从而降低职业伤害的发生。

职业紧张(occupational stress),也称为职业应激或工作压力,是在工作环境中,当个人的需求、期望与其实际能力、所掌握的资源之间出现不匹配时,所引发的一系列有害的躯体和情绪反应^[20]。已有研究表明,职业伤害与职业紧张之间具有关联性。张红宇等^[21]采用《职业紧张量表修订版(OSI-R)》调查医务工作者职业紧张对职业伤害的影响,研究结果发现,针刺伤、碰撞伤、扭伤等职业伤害发生风险随着职业紧张水平的增高而增加。Mulugeta^[22]调查发现,木工的职业紧张会增加职业伤害发生风险(OR=4.79, 95%CI: 1.69~13.58)。本课题组研究发现,电缆作业工人中发生过职业伤害者,其职业紧张发生率高于未发生过职业伤害者($P<0.05$),通过决策树模型方法进一步分析发现职业紧张是发生职业伤害的危险因素^[23-24]。考虑到不同职业的工作环境各不相同,且职业紧张对健康的影响具有双面性:适度的职业紧张有助于保护健康,过度的职业紧张会导致工人疲劳、焦虑、抑郁等,因此有必要针对职业紧张对职业伤害的影响及两者的作用机制进行更加深入的探讨分析。

共病(comorbidity),是同一个体中同时存在两种及以上慢性病或健康问题^[25]。Barnett 等^[26]调查发现高达 23.2%的患者存在共病情况。职业人群的共病问题日趋年轻化,未来可能面临更高的共病负担,职业人群罹患慢性病会增加职业伤害发生风险^[27]。Kubo 等^[28]发现,制造业工人患心脏疾病(OR=1.23, 95%CI: 1.11~1.36)、糖尿病(OR=1.17, 95%CI: 1.08~1.27)、抑郁(OR=1.25, 95%CI: 1.12~1.38)均能增加职业伤害的风险。Donham 等^[29]调查发现,职业人群的高血压、高胆固醇和身体质量指数(body mass index, BMI)异常的共病组合能增加职业伤害的发生风险(OR=5.5, 95%CI: 1.2~24.5)。本课题组研究发现,制造业工人患肌肉骨骼疾病(12.7% vs. 6.2%, $P<0.001$)、心血管疾病(11.2% vs. 7.1%, $P=0.041$)、神经和感觉器官疾病(11.1% vs. 6.8%, $P=0.006$)的职业伤害发生率高于未患相应疾病的工人^[30],且初步发现患有肌肉骨骼疾病+神经和感觉器官疾病的二元共病组合人群的职业伤害发生率高于未患该共病组合的工人(32.0% vs. 7.9%, $P=0.001$)。

由此可见,共病一般通过躯体功能限制,从而增加职业伤害发生的风险,且躯体功能限制越严重,职业伤害发生风险越高^[31]。上述研究结果提示应加强共病的监测和评估,通过建立多方参与的多病共防协作模式,培养工人的健康管理理念,提高工人的健康素养,同时也达到降低职业伤害发生风险的目的。

3 机器学习方法在影响因素分析中的应用

本课题组在对职业伤害及其影响因素调查研究中发现,许多劳动者在职业活动中呈现多种职业危险因素复杂暴露或多种疾病共存的特点,人的因素、物的因素、环境因素、管理因素等相互关联影响,使得影响因素分析及风险预测工作有较大复杂性。传统统计学方法,如多元线性回归、logistic 回归等对数据的要求较高,需要满足一定的假设和条件。如果数据不符合这些假设,传统统计学方法的分析结果可能会出现偏差,且这些传统统计学方法通常只适用于某些特定的问题和场景,在处理非线性和高维度的数据时效果不佳。机器学习方法,作为人工智能领域的重要分支,已经广泛应用于各个领域,尤其在处理大量、多维、非线性数据时具有明显优势,为我们开展职业伤害影响因素的识别分析及作用机制探讨提供了新的分析思路。

本期专栏文章中,采用 LASSO 回归模型对国内制造业工人非致命性职业伤害发生的可能影响因素(如职业倦怠等)进行分析,将单因素分析结果中具有统计学意义的 22 个可能的影响因素进一步精简为 10 个,在消除多重共线性影响的同时根据各因素系数估计值的正负情况分为危险及保护因素,最终获得了变量简洁且可解释性较强的分析结果^[16]。采用决策树模型探讨职业紧张等因素对职业伤害发生的可能影响,结果更能直观地显示变量之间的相互作用关系,能够直观明确指出职业紧张变量在每周体育锻炼<2 次的亚群中具有统计学意义,而在另一亚群(即每周体育锻炼≥2 次的人群)中无明显影响,该结果可以解释具备某些特征的群体发生特定结果的概率,进而有效识别出高危人群^[24]。应用 Boruta 算法在处理非线性和高维数据集方面的优势,从欧盟建筑业员工职业伤害调查的 25 个自变量中,筛选出 8 个自变量形成最优的特征集合,而不只是单个特征的排序或排除,并与 logistic 回归分析相结合,识别和分析影响职业伤害发生的关键因素,在应用机器学习方法进行变量筛选的基础上,又充分发挥了传统统计方法 logistic 回归模型的可解释性优势^[32]。轻量级梯度提升机算法(light gra-

dient boosting machine, LightGBM)模型在数据运行效率、内存使用空间、数据处理能力、精度以及灵活性等方面具有显著优势,使其在处理大规模数据集和高维特征时成为优先选择。应用 LightGBM 模型对美国矿山安全与健康管理局(Mine Safety and Health Administration, MSHA)1983—2022 年采矿业工人 11 430 条职业伤害数据构建预测模型,并应用 SHAP(Shapley Additive exPlanations)技术,包括特征重要性分析、部分依赖图和 SHAP 值等解决了模型存在的“黑盒”问题,结果更直观地显示了受伤部位和伤害性质是影响整个模型变化的两个重要因素,并且研究发现物体打击是导致头颈部伤害较为固定的影响因素;通过采取对头颈部的有效保护措施,同时预防物体打击,可有效降低工人发生致命性职业伤害的风险,这有效地提高了 LightGBM 模型的透明度和可解释性,为针对性制定科学合理的预防措施提供了依据^[33]。

4 大卫生大健康背景下的职业伤害防控

在大卫生大健康背景下开展职业伤害防控,应突出“全过程”和“全方位”,即建立健全覆盖监测-评估-干预及干预效果评价全过程的职业伤害监测体系,并构建职业伤害与职业病、工作相关疾病联防联控策略,全方位保障劳动者健康。

我国虽依托《生产安全事故统计调查制度》《人力资源和社会保障统计调查制度》开展了全国性职业伤害的常规监测,但由于健康测量关键指标缺失,这些监测结果尚不能为不同地区、性别、年龄组、病种之间的统一比较提供直接有效的证据^[8]。GBD 2021 在估算中国人群归因于职业伤害的疾病负担时,数据来源为中国人口普查数据(1982、1990、2000)、国际社会调查项目(中国)(2011、2012)、中国人口和住房普查(1990)、国际劳工组织数据库(ILOSTAT)中按性别和年龄划分的就业人口比率数据等^[7],这提示应从职业健康角度进一步构建完善我国的职业伤害监测体系,提升监测数据的实际应用价值。通过机器学习等方法对国内制造业工人的职业伤害调查数据以及欧美国部分公开数据的统计分析和机制探讨,为将相关变量划分成核心最小数据集、核心可选数据集、附加最小数据集、附加可选数据集等 4 个模块并确定优先等级,以及建立标准化的数据分类和编码提供了实践依据。同时,参照 WHO 和 ILO 联合对工作相关疾病和职业伤害所致疾病负担研究的遴选方法^[34],提示下一步应将疾病负担大、具有一定的人群暴露和健康效

应、系统综述证据充分、因果关系明确、方法学成熟、公众关注度高,并且可以进行干预和防控的职业伤害危险因素及健康结局作为监测重点,按照“可测量、可比较、可干预”原则确定优先监测的内容,以增强职业伤害防控全过程数据和信息的有效性。

从大卫生大健康角度保护劳动者健康,国外已有一些良好实践可供借鉴参考。美国国家职业安全卫生研究所(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)于2003年提出“迈向更健康劳动力计划”(Steps to a Healthier U.S. Workforce Initiative),并于2011年正式发展成为“全面工人健康”(Total Worker Health, TWH)。TWH采取综合干预措施,将肥胖、睡眠障碍、心血管病、抑郁等健康问题与职业风险因素一起进行防控,保护劳动者免受职业安全与健康危害,促进伤害和疾病的预防^[35]。新加坡人力部(Ministry of Manpower, MOM)领导的“全面的工作场所安全与健康”(Total Workplace Safety and Health, Total WSH)项目,通过有效实施保护安全、职业健康、个人身心健康的综合性策略,职业伤害的死亡率由2014年的1.8/10万下降至2023年的0.99/10万^[36-37]。下一步,应立足工作实际,进一步增强系统观念,以发展新质生产力和数智赋能作为动力,积极拓展职业伤害、职业病、工作相关疾病等联防联控策略,助推在政府、社会、用人单位、劳动者等多个层面开展高效集约化健康管理,努力实现全方位保障劳动者健康。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中华人民共和国2023年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2024-02-29)[2025-01-13]. https://www.stats.gov.cn/xgk/sjfb/tjgb2020/202402/t20240229_1947923.html. National Bureau of Statistics. 2023 statistical bulletin of national economic and social development[EB/OL]. (2024-02-29)[2025-01-13]. https://www.stats.gov.cn/xgk/sjfb/tjgb2020/202402/t20240229_1947923.html.
- [2] 卢国栋, 傅华, 刘武忠, 等. 人口老龄化背景下职业卫生与职业医学的挑战和机遇[J]. 环境与职业医学, 2024, 41(9): 961-966. LU G D, FU H, LIU W Z, et al. Challenges and opportunities of occupational health and occupational medicine in the context of population aging[J]. J Environ Occup Med, 2024, 41(9): 961-966.
- [3] HOLDER Y, PEDEN M, KRUG E, 等. 伤害监测指南[M]. 段蕾蕾, 译. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 1-41. HOLDER Y, PEDEN M, KRUG E, et al. Injury surveillance guidelines[M]. DUAN L L, trans. Beijing: People's Medical Publishing House, 2006: 1-41.
- [4] ILO. Resolution concerning statistics of occupational injuries (resulting from occupational accidents), adopted by the Sixteenth International Conference of Labour Statisticians (October 1998)[EB/OL]. [2025-01-13]. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---stat/documents/normativeinstrument/wcms_087528.pdf.
- [5] GBD 2021 Risk Factors Collaborators. Global burden and strength of evidence for 88 risk factors in 204 countries and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. Lancet, 2024, 403(10440): 2162-2203.
- [6] GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. Lancet, 2024, 403(10440): 2133-2161.
- [7] IHME. GBD results[EB/OL]. [2025-01-13]. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>.
- [8] 朱晓俊, 樊晶光. 开展职业伤害监测评估, 保护劳动者职业健康[J]. 环境与职业医学, 2023, 40(10): 1109-1114. ZHU X J, FAN J G. Carrying out occupational injury surveillance and assessment, and protecting workers' occupational health[J]. J Environ Occup Med, 2023, 40(10): 1109-1114.
- [9] WHO. ICD-11 International classification of diseases 11th revision[EB/OL]. [2025-01-13]. <https://icd.who.int/en>.
- [10] 职业性苯中毒诊断标准: GBZ 68—2022[EB/OL]. [2025-01-13]. <https://niohp.chinacdc.cn/zyysjk/zywsbzml/202204/W020220401344937566573.pdf>. Diagnostic standard for occupational benzene poisoning: GBZ 68—2022[EB/OL]. [2025-01-13]. <https://niohp.chinacdc.cn/zyysjk/zywsbzml/202204/W020220401344937566573.pdf>.
- [11] WHO, ILO. WHO/ILO joint estimates of the work-related burden of disease and injury, 2000-2016: global monitoring report[M]. Geneva: World Health Organization and the International Labour Organization, 2021: 4-6.
- [12] 杨守国, 姚亚金, 庞拾亿, 等. 基于轨迹交叉理论的煤矿事故分析[J]. 煤炭工程, 2019, 51(5): 177-180. YANG S G, YAO Y J, PANG S Y, et al. Analysis of coal mine accidents based on trace intersecting theory[J]. Coal Eng, 2019, 51(5): 177-180.
- [13] 生产过程危险和有害因素分类与代码: GB/T13861—2022[EB/OL]. [2025-01-13]. <https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=71F772D7D33ED3A7E05397BE0A0A882A>. Classification and code for the hazardous and harmful factors in process: GB/T 13861—2022[EB/OL]. [2025-01-13]. <https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=71F772D7D33ED3A7E05397BE0A0A882A>.
- [14] 肖颖衡, 朱晓俊, 李丽萍, 等. 制造业工人职业伤害的影响因素研究进展[J]. 环境与职业医学, 2023, 40(10): 1161-1165. XIAO Y H, ZHU X J, LI L P, et al. Research progress on influencing factors of occupational injury in manufacturing workers[J]. J Environ Occup Med, 2023, 40(10): 1161-1165.
- [15] 余善法. 职业倦怠测量工具及应用中的问题与改进建议[J]. 环境与职业医学, 2023, 40(4): 374-381. YU S F. Problems and improvement suggestions for job burnout measurement tools and their application[J]. J Environ Occup Med, 2023, 40(4): 374-381.
- [16] 肖颖衡, 陆春花, 钱娟, 等. 基于 LASSO 回归模型的制造业工人非致命性职业伤害影响因素分析[J]. 环境与职业医学, 2025, 42(2): 133-139. XIAO Y H, LU C H, QIAN J, et al. Impact factor selection for non-fatal occupational injuries among manufacturing workers by LASSO regression[J]. J Environ Occup Med, 2025, 42(2): 133-139.
- [17] 李羽婷. 基于 fNIRS 的制造工人作业事故人因可靠性研究[D]. 沈阳: 沈阳大学, 2022. LI Y T. Human factor reliability of manufacturing worker accidents based on fNIRS[D]. Shenyang: Shenyang University, 2022.

- [18] WADA H, BASNER M, CORDOZA M, et al. Objective alertness, rather than sleep duration, is associated with burnout and depression: A national survey of Japanese physicians[EB/OL]. *J Sleep Res*, 2024, [2025-01-13]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jsr.14304>.
- [19] YAZDANIRAD S, KHOSHAKHLAGH A H, AL SULAIE S, et al. Sensitivity analysis of human error in the steel industry: exploring the effects of psychosocial and mental health risk factors and burnout using Bayesian networks[J]. *Front Public Health*, 2024, 12: 1437112.
- [20] 余善法. 职业紧张评价与控制[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 3-9.
- YU S F. Evaluation and control of occupational stress[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2018: 3-9.
- [21] 张红宇, 荣芳芳, 杜秀, 等. 某医院医务工作者职业紧张对职业伤害的影响研究[J]. *中国药物与临床*, 2020, 20(6): 881-886.
- ZHANG H Y, RONG F F, DU X, et al. Impact of occupational stress on occupational injury among medical workers in a hospital[J]. *Chin Rem Clin*, 2020, 20(6): 881-886.
- [22] MULUGETA H, TEFERA Y, GEZU M. Nonfatal occupational injuries among workers in microscale and small-scale woodworking enterprise in Addis Ababa, Ethiopia[J]. *J Environ Public Health*, 2020, 2020: 6407236.
- [23] 徐婷, 钱娟, 谷一硕, 等. 某电缆制造企业工人职业伤害特征及影响因素分析[J]. *环境与职业医学*, 2025, 42(2): 140-144, 156.
- XU T, QIAN J, GU Y S, et al. Characteristics and influencing factors of occupational injuries of workers in a cable manufacturing enterprise[J]. *J Environ Occup Med*, 2025, 42(2): 140-144, 156.
- [24] 徐婷, 钱娟, 谷一硕, 等. 某电缆制造企业工人职业紧张与职业伤害的关系探讨——基于决策树模型[J]. *环境与职业医学*, 2025, 42(2): 145-150.
- XU T, QIAN J, GU Y S, et al. Relationship between occupational stress and occupational injury of workers in a cable manufacturing enterprise by decision tree model[J]. *J Environ Occup Med*, 2025, 42(2): 145-150.
- [25] 孙至佳, 樊俊宁, 余灿清, 等. 中国 10 个地区成年人共病流行特征分析[J]. *中华流行病学杂志*, 2021, 42(5): 755-762.
- SUN Z J, FAN J N, YU C Q, et al. Prevalence, patterns and long-term changes of multimorbidity in adults from 10 regions of China[J]. *Chin J Epidemiol*, 2021, 42(5): 755-762.
- [26] BARNETT K, MERCER S W, NORBURY M, et al. Epidemiology of multimorbidity and implications for health care, research, and medical education: a cross-sectional study[J]. *Lancet*, 2012, 380(9836): 37-43.
- [27] PALMER K T, HARRIS E C, COGGON D. Chronic health problems and risk of accidental injury in the workplace: a systematic literature review[J]. *Occup Environ Med*, 2008, 65(11): 757-764.
- [28] KUBO J, GOLDSTEIN B A, CANTLEY L F, et al. Contribution of health status and prevalent chronic disease to individual risk for workplace injury in the manufacturing environment[J]. *Occup Environ Med*, 2014, 71(3): 159-166.
- [29] DONHAM K J, MEPELINK S M, KELLY K M, et al. Health indicators of a cohort of midwest farmers: health outcomes of participants in the certified safe farm program[J]. *J Agromedicine*, 2019, 24(3): 228-238.
- [30] 张林, 李志安, 谷一硕, 等. 制造业企业工人自报疾病患病情况与职业伤害分布特征分析[J]. *环境与职业医学*, 2025, 42(2): 165-170, 195.
- ZHANG L, LI Z A, GU Y S, et al. Distribution characteristics of self-reported diseases and occupational injuries among workers in manufacturing enterprises[J]. *J Environ Occup Med*, 2025, 42(2): 165-170, 195.
- [31] KIM J. Psychological distress and occupational injury: findings from the National Health Interview Survey 2000-2003[J]. *J Prev Med Public Health*, 2008, 41(3): 200-207.
- [32] 李志安, 张林, 张鹏, 等. 基于 Boruta 算法和 logistic 回归模型的欧盟建筑业员工职业伤害影响因素分析[J]. *环境与职业医学*, 2025, 42(2): 151-156.
- LI Z A, ZHANG L, ZHANG P, et al. Influencing factors of occupational injury in construction workers of European Union based on Boruta algorithm and logistic regression[J]. *J Environ Occup Med*, 2025, 42(2): 151-156.
- [33] 莫有桦, 张鹏, 谷一硕, 等. LightGBM 模型及模型可解释性方法在预测职业伤害严重程度中的探讨[J]. *环境与职业医学*, 2025, 42(2): 157-164.
- MO Y H, ZHUANG P, GU Y S, et al. Exploration of predicting occupational injury severity based on LightGBM model and model interpretability method[J]. *J Environ Occup Med*, 2025, 42(2): 157-164.
- [34] WHO, ILO. WHO/ILO joint estimates of the work-related burden of disease and injury, 2000-2016: technical report with data sources and methods[M]. Geneva: World Health Organization and the International Labour Organization, 2021: 4-7.
- [35] LEE M P, HUDSON H, RICHARDS R, et al. Fundamentals of total worker health approaches: essential elements for advancing worker safety, health, and well-being[M]. Cincinnati: U. S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, 2016: 1-23.
- [36] Workplace Safety and Health Council. Total WSH[EB/OL]. [2025-01-13]. <https://www.tal.sg/wshc/topics/total-wsh/total-wsh>.
- [37] Ministry of Manpower. Workplace safety and health report 2023[EB/OL]. [2025-01-13]. <https://www.mom.gov.sg/-/media/mom/documents/safety-health/reports-stats/wsh-national-statistics/wsh-national-stats-2023.pdf>.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 赵芸稼)