

装配制造企业作业员工效学负荷与工作相关肌肉骨骼疾患的关系

江南宇, 董一丹, 秦东亮, 黄文初, 何丽华

北京大学公共卫生学院劳动卫生与环境卫生学系, 北京 100191

摘要:

[背景] 我国制造业仍属劳动密集型产业, 装配制造业从业人员面临着较大的工作相关肌肉骨骼疾患(WMSDs)发生风险。

[目的] 调查分析装配制造业作业人员 WMSDs 的发生及分布情况, 探索工效学负荷(姿势负荷及心理负荷)与 WMSDs 的关系。

[方法] 于 2017 年 7—9 月, 采用横断面调查, 以方便抽样的方式选择我国北方两城市装配制造业三家企业中的电子配件组装、轨道客车制造装配作业人员 670 人作为研究对象进行问卷调查。依据课题组自主研制的“中国肌肉骨骼疾患问卷”评价姿势负荷, 采用经修订的中文版“主观负荷评价技术量表”评价心理负荷, 使用非条件 logistic 回归模型探索工效学负荷与 WMSDs 发生的关系。

[结果] 研究对象的总体 WMSDs 发生率为 39.6%(265/670); 男性为 43.8%, 女性为 25.2%; 40 岁及以上组发生率最高, 为 47.7%。电子配件组装作业人员 WMSDs 发生率为 16.9%, 轨道客车制造装配作业人员为 57.3%, 差异有统计学意义($\chi^2=112.63, P<0.001$)。研究对象的心理负荷[中位数(第一四分位数, 第三四分位数)]为 55.6(51.9, 83.3)分, 姿势负荷为 27.1(16.0, 41.5)分。非条件 logistic 回归模型分析结果显示: 女性($OR=3.152, 95\%CI: 1.458\sim6.813$)、饮酒者($OR=1.934, 95\%CI: 1.124\sim3.326$)、工作类别是轨道客车制造($OR=3.416, 95\%CI: 1.756\sim6.644$)者 WMSDs 的发生风险更高; 心理负荷越高($OR=1.019, 95\%CI: 1.007\sim1.031$)、姿势负荷越高($OR=1.034, 95\%CI: 1.019\sim1.050$), 则 WMSDs 的发生风险越高。分层分析显示: 对于电子配件组装人员, 年龄越大(30~39 岁、40 岁及以上年龄段发生风险分别是 30 岁以下作业人员的 2.526、12.263 倍), 姿势负荷越高($OR=1.025, 95\%CI: 1.002\sim1.049$), WMSDs 的发生风险越高; 对于轨道客车装配作业人员, 饮酒者($OR=2.035, 95\%CI: 1.155\sim3.583$)、肥胖者($OR=3.094, 95\%CI: 1.185\sim8.078$) WMSDs 的发生风险更高, 心理负荷越高($OR=1.013, 95\%CI: 1.001\sim1.025$)、姿势负荷越高($OR=1.033, 95\%CI: 1.018\sim1.049$), WMSDs 的发生风险越高。

[结论] 装配制造业作业人员的工效学负荷(姿势负荷及心理负荷)大小与 WMSDs 发生风险之间存在关联, 饮酒也是 WMSDs 的可能危险因素; 装配制造业女性作业人员的 WMSDs 发生风险高于男性; 相对于电子配件组装作业人员, 轨道客车制造作业人员 WMSDs 的发生率较高。

关键词: 工作相关肌肉骨骼疾患; 制造业; 工效学负荷; 心理负荷; 姿势负荷

Relationship between ergonomic exposures and work-related musculoskeletal disorders of assembly workers in assembly manufacturing enterprises JIANG Nanyu, DONG Yidan, QIN Dongliang, HUANG Wenchu, HE Lihua (Department of Occupational and Environmental Health, School of Public Health, Peking University, Beijing 100191, China)

Abstract:

[Background] China's manufacturing industry is still labor-intensive, and assembly employees in manufacturing industry are facing a great risk of work-related musculoskeletal disorders (WMSDs).

[Objective] To investigate and analyze the prevalence and distribution of WMSDs among assembly workers in manufacturing enterprises and explore the relationship between WMSDs and ergonomic exposure factors such as posture load and mental load.



DOI 10.11836/JEOM22079

投稿专家

何丽华(北京大学公共卫生学院), E-mail: alihe2009@126.com

基金项目

基础加强计划技术领域基金项目(2020-JCJQ-JJ-238); 十三五国家重点研发计划项目(2016YFC0801700)

作者简介

江南宇(1999—), 男, 硕士生;
E-mail: jnyyku@foxmail.com

通信作者

何丽华, E-mail: alihe2009@126.com

伦理审批

已获取

利益冲突

无申报

收稿日期

2022-03-07

录用日期

2022-04-19

文章编号

2095-9982(2022)06-0600-09

中图分类号

R13

文献标志码

A

► 引用

江南宇, 董一丹, 秦东亮, 等. 装配制造企业作业员工效学负荷与工作相关肌肉骨骼疾患的关系[J]. 环境与职业医学, 2022, 39(6): 600-608.

► 本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM22079

Funding

This study was funded.

Correspondence to

HE Lihua, E-mail: alihe2009@126.com

Ethics approval

Obtained

Competing interests

None declared

Received

2022-03-07

Accepted

2022-04-19

► To cite

JIANG Nanyu, DONG Yidan, QIN Dongliang, et al. Relationship between ergonomic exposures and work-related musculoskeletal disorders of assembly workers in assembly manufacturing enterprises[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(6): 600-608.

► Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM22079

[Methods] From July to September 2017, by convenient sampling, a cross-sectional survey was conducted to select 670 workers engaged in electronic accessories assembly and railway vehicle manufacturing in three manufacturing enterprises in two cities in northern China as the research participants. The posture load assessment was based on the Chinese Musculoskeletal Questionnaire independently developed by our research group. The mental load assessment was based on a revised Chinese version of the Subjective Workload Assessment Technique. An unconditional logistic regression model was used to explore the relationship between ergonomic exposure and WMSDs.

[Results] The overall prevalence rate of WMSDs was 39.6% (265/670) with 43.8% in males and 25.2% in females; the highest prevalence rate was 47.7% in the group aged 40 years and over. The prevalence rate of WMSDs in the electronic accessories assembly workers was 16.9%, that in the railway vehicle manufacturing workers was 57.3%, and the difference was statistically significant ($\chi^2=112.63$, $P<0.001$). The mental load score [median (first quartile, third quartile)] was 55.6 (51.9, 83.3) points, and the posture load score was 27.1 (16.0, 41.5) points. The results of unconditional logistic regression model showed that women ($OR=3.152$, 95%CI: 1.458-6.813), drinkers ($OR=1.934$, 95%CI: 1.124-3.326), and railway vehicle manufacturing worker ($OR=3.416$, 95%CI: 1.756-6.644) had a higher risk of reporting WMSDs; The higher the mental load ($OR=1.019$, 95%CI: 1.007-1.031) and posture load ($OR=1.034$, 95%CI: 1.019-1.050), the higher the risk of reporting WMSDs. The hierarchical analysis results showed that the risk of reporting WMSDs was higher among the electronic accessories assembly workers who were older (compared with those aged <30 years, $OR_{30-39}=2.526$ and $OR_{\geq 40}=12.263$, respectively) and with higher posture load ($OR=1.025$, 95%CI: 1.002-1.049), as well as among the railway vehicle manufacturing workers who were drinking ($OR=2.035$, 95%CI: 1.155-3.583), obese ($OR=3.094$, 95%CI: 1.185-8.078), with higher mental load ($OR=1.013$, 95%CI: 1.001-1.025) and posture load ($OR=1.033$, 95%CI: 1.018-1.049).

[Conclusion] There is a significant correlation between reporting WMSDs and ergonomic exposures such as posture load and mental load, and drinking is also a risk factor of WMSDs. The risk of reporting WMSDs in female workers in assembly manufacturing industry is higher than that in male workers. The overall prevalence rate of WMSDs in railway vehicle manufacturing workers is higher than that in electronic accessories assembly workers.

Keywords: work-related musculoskeletal disorders; manufacturing industry; ergonomic exposure; mental load; posture load

工作相关肌肉骨骼疾患(work-related musculoskeletal disorders, WMSDs)是由于个体暴露于职业场所中各类不良工效学因素中产生的肌肉、神经、肌腱、关节、软骨和椎间盘等的损伤疾病。与许多源于接触特定危险物质的职业病不同, WMSDs 是一类由心理、生理及职业工效学等多种因素综合作用导致的慢性累积性疾患,可发生于人体单个和多个部位^[1-2]。WMSDs 影响全球近 1/3 人口的身心健康与工作效率,对社会经济造成了巨大影响,目前已经成为职业卫生领域的重要问题之一^[3-4]。

制造业是我国国民经济的支柱产业之一,2020 年城镇制造业就业人数在总城镇就业人员的占比达到 22.3%^[5],但我国制造业的智能化、自动化水平及作业环境距发达国家仍有较大差距,目前仍属于劳动密集型产业,作业人员面临较高的 WMSDs 发生风险^[6]。研究显示,重复性操作、长期保持静态固定姿势等工效学因素是 WMSDs 的危险因素,工作中的姿势负荷、心理负荷等工效学负荷是反映 WMSDs 发生风险的重要因素^[7-11]。因此,本研究采用横断面研究方法调查国内部分装配制造业人员的 WMSDs 发生情况,探索姿势负荷及心理负荷等工效学负荷与 WMSDs 的关系模型,分析 WMSDs 的危险因素,为 WMSDs 的防控与干预提

供基础数据及理论基础。

1 对象与方法

1.1 研究对象

2017 年 7—9 月选择我国北方两城市中的两家电电子配件组装企业和一家轨道客车制造企业的装配作业人员,采用方便抽样的方法,共选取 690 人纳入流行病学调查。所有调查对象均需满足:年龄 ≥ 18 岁,当前岗位工龄 ≥ 1 年,且不存在肌肉骨骼系统外伤以及风湿、结核、肿瘤等其他可能影响肌肉骨骼系统的疾病。本研究开始前已获得北京大学生物医学伦理委员会审查批准(IRB00001052-16015),所有研究对象均在签署书面知情同意并接受培训后填写问卷,最终获取有效问卷共计 670 份,问卷有效回收率为 97.1%,其中来自电子配件组装企业 295 份,来自轨道客车制造企业 375 份。

1.2 调查方法

1.2.1 问卷调查 本研究采用课题组自主研发的“中国肌肉骨骼疾患问卷”进行人群调查,问卷经过了信效度验证,本研究的 Cronbach's α 系数为 0.925^[12]。问卷内容主要包括性别、年龄、文化程度、体育锻炼等一般情况,工作过程中的动作姿势等工作情况,心

理负荷评价以及肌肉骨骼系统症状评估情况等。体重指数 (body mass index, BMI) = 体重 (kg) / 身高² (m²), 根据世界卫生组织公布的亚太地区肥胖标准, BMI < 18.5 kg·m⁻² 为低体重, 正常为 18.5~22.9 kg·m⁻², 超重为 23.0~24.9 kg·m⁻², 肥胖为 BMI ≥ 25.0 kg·m⁻²[13]。

本研究中调查对象在工作过程中承受的工效学负荷主要包括姿势负荷与心理负荷。姿势负荷评价主要基于“中国肌肉骨骼疾患问卷”工作情况部分, 并参考研究人员依据“工效学检查要点”[14]对各调研现场进行工效学检查的结果, 按照 WMSDs 通常累及的身体部位, 将工效学负荷分为重复性或频繁性动作等动态负荷以及长期维持静态固定姿势的静态负荷, 建立动态姿势工效学负荷评价体系。该评价体系中包含动态负荷和静态负荷条目各自 14 个, 均采用五点评分, 分值越高表示频率越高, 1 表示“从不”, 5 表示“一直”, 将相同部位的动态负荷与静态负荷评分项相乘, 获得取值范围为 1~25 的新的 14 个综合项, 相加得到总分后标化成百分制即为姿势负荷。

心理负荷评价主要依据多维度主观量表, 本研究采用的中文版“主观负荷评价技术 (Subjective Workload Assessment Technique, SWAT) 量表”。SWAT 量表包括 3 个维度, 即时间负荷、努力程度以及心理紧张程度, 每个维度分为轻度、中度及重度。调查对象按照自己实际工作情况选择对应的选项, 然后按照不同维度对工作影响的重要性对三个维度进行排序, 并根据打分及排序情况得到对应的心理负荷分值, 分值越高则心理负荷越重, 量表评估总分为 27 分。本研究的心理负荷为标化为百分制后的 SWAT 量表总分。

经验证姿势负荷评价体系与心理负荷评价量表在应用中信效度良好[15-16]。本研究信度分析结果显示, 姿势负荷评价体系 Cronbach's α 为 0.936, Spearman-Brown 系数为 0.881, 各综合项与总分相关系数为 0.597~0.815; 心理负荷量表 Cronbach's α 为 0.602, Spearman-Brown 系数为 0.622, 各维度与总分相关系数为 0.587~0.689。效度分析显示, 姿势负荷评价体系聚类分析中的人体各部位及动作姿势的动态、静态原始条目之间距离最短且两两聚类, 因子分析的累积方差贡献率 65.604%, 能有效区分不同特征职业人群; 心理负荷量表因子分析的累计方差贡献率为 56.612%, 亦能有效区分不同特征职业人群。

1.2.2 WMSDs 病例定义及判别 本研究中将 WMSDs 病例定义为: 过去 1 年内身体某部位 (颈部、肩部、上背、下背、肘部、手/腕、臀部、膝部、足/踝) 出现不适、

麻木、疼痛或活动受限等症状, 且症状持续时间超过 24 h, 经休息后未能缓解, 排除其他急症、伤残或后遗症等[17]。

1.3 统计分析

问卷录入采用 EpiData 3.1 软件, 使用 SPSS 26.0 软件进行统计分析。分类变量资料采用频数、百分比进行统计描述, 偏态性数值变量资料采用中位数 (第一四分位数, 第三四分位数) [$M(P_{25}, P_{75})$] 描述。不同工作类别作业人员之间年龄、岗位工龄、总工龄及 BMI 比较采用 Kolmogorov-Smirnov Z 检验, 分类变量组间分布差异比较采用 Pearson χ^2 检验。检验水准为双侧 $\alpha=0.05$ 。

工效学负荷与 WMSDs 关系研究采用非条件 logistic 回归模型。回归分析前, 采用 Spearman 秩相关分析各变量之间相关性, 使用方差膨胀系数 (variance inflation factor, VIF)、容许度 (tolerance, TOL) 以及方差分解比例等对纳入回归模型的变量进行共线性诊断。由于电子配件和轨道客车制造装配作业人员在人口信息学特征、职业因素及工效学负荷差异均有统计学意义, 故按照工作类别分层, 分别对总体及不同工作类别分组进行 logistic 回归分析。以检验双侧 $\alpha=0.05$ 为差异具有统计学意义纳入回归; 在多因素回归中是否发生 WMSDs 为应变量, 采用后退法 (条件) 筛选显著变量, 剔除标准为 0.10。

1.4 质量控制

资料信息收集主要通过自填问卷获得。利用工间休息等时间集中对作业人员进行培训指导, 讲解问卷的内容及注意事项, 及时解答疑问, 对敏感问题的作答进行培训, 避免引起调查对象的抵制; 调查员在现场及时向调查对象讲解调查内容以及保密原则, 确保检查对象知情同意。问卷填写完成后交由核查人员进行检查。作业人员在知情同意后填写问卷, 调查人员在作业人员填写完毕后核查并签字确认。问卷在录入前首先进行问卷审核, 剔除填写不合格的问卷。录入时采用 EpiData 3.1 软件进行平行双录入, 避免错录、漏录等情况。录入后对录入数据进行比对, 保证数据的真实、完整。

2 结果

2.1 基本情况

作业工人年龄 $M(P_{25}, P_{75})$ 为 29.0 (27.0, 32.0) 岁, 岗位工龄为 6.0 (2.0, 9.0) 年, 总工龄为 8.0 (5.0, 10.0) 年, BMI $M(P_{25}, P_{75})$ 为 22.9 (20.5, 25.0) kg·m⁻²。研究对象的一般情况分布及职业因素分布见表 1。

表 1 调查对象不同个体特征组间 WMSDs 发生情况比较

Table 1 Comparison of prevalence of WMSDs among assembly workers with different individual characteristics

项目(Item)	合计 Total n(%)	工作类别(Work type)		WMSDs		
		电子配件组装 Electronic accessories assembly n(%)	轨道客车制造 Railway vehicle manufacturing n(%)	χ^2	P	n(%) χ^2 P
性别(Gender)				188.32	<0.001	17.74 <0.001
男(Male)	470(74.2)	143(48.6)	327(96.5)			206(43.8)
女(Female)	163(25.8)	151(51.4)	12(3.5)			41(25.2)
年龄/岁(Age/years)				57.35	<0.001	8.68 ^a 0.003
18~	352(53.0)	197(67.7)	155(41.6)			120(34.1)
30~	247(37.2)	87(29.9)	160(42.9)			112(45.3)
40~	65(9.8)	7(2.4)	58(15.5)			31(47.7)
文化程度(Education)				182.77	<0.001	34.32 ^a <0.001
高中及以下(High school and below)	374(58.6)	252(87.5)	122(34.9)			111(29.7)
大专(College)	223(35.0)	26(9.0)	197(56.3)			120(53.8)
本科及以上(Undergraduate and above)	41(6.4)	10(3.5)	31(8.9)			23(56.1)
体育锻炼/(次·周 ⁻¹) [Exercise/(time·week ⁻¹)]				7.84	0.020	3.53 ^a 0.060
<1	450(70.3)	181(65.1)	269(74.3)			190(42.2)
1、2	129(20.2)	62(22.3)	67(18.5)			42(32.6)
3~	61(9.5)	35(12.6)	26(7.2)			21(34.4)
BMI				21.56	<0.001	20.96 <0.001
偏瘦(Underweight)	364(55.1)	186(63.7)	178(48.2)			21(38.9)
正常(Normal)	54(8.2)	27(9.2)	27(7.3)			118(32.4)
超重(Overweight)	188(28.4)	63(21.6)	125(33.9)			87(46.3)
肥胖(Obesity)	55(8.3)	16(5.5)	39(10.6)			33(60.0)
吸烟(Smoking)				47.73	<0.001	8.50 0.034
已戒(Quit smoking)	65(9.8)	16(5.4)	49(13.2)			24(36.9)
是(Yes)	213(32)	64(21.8)	149(40.2)			101(47.4)
否(No)	387(58.2)	214(72.8)	173(46.6)			137(35.4)
饮酒(Drinking)				135.23	<0.001	46.04 <0.001
是(Yes)	313(47.3)	63(21.7)	250(67.2)			167(53.4)
否(No)	349(52.7)	227(78.3)	122(32.8)			96(27.5)
月收入/元(Monthly income/yuan)				69.66	<0.001	18.54 ^a <0.001
≤2 000	7(1.1)	1(0.4)	6(1.7)			4(57.1)
2 001~	356(58.3)	204(77.0)	152(43.9)			112(31.5)
4 001~	169(27.7)	46(17.4)	123(35.5)			92(54.4)
5 001~	79(12.9)	14(5.3)	65(18.8)			40(50.6)
岗位工龄(Length of service in current job)				265.82	<0.001	43.45 ^a <0.001
1~	289(43.1)	231(78.3)	58(15.5)			65(22.5)
5~	276(41.2)	47(15.9)	229(61.1)			148(53.6)
10~	105(15.7)	17(5.8)	88(23.5)			52(49.5)
总工龄(Total length of service)				154.45	<0.001	25.83 ^a <0.001
1~	163(24.6)	139(48.3)	24(6.4)			29(17.8)
5~	311(46.9)	89(30.9)	222(59.2)			149(47.9)
10~	189(28.5)	69(20.8)	129(34.4)			86(45.5)
加班/(次·周 ⁻¹) [Work overtime/(times·week ⁻¹)]				59.59	<0.001	8.93 ^a 0.003
0	63(10.0)	46(16.3)	17(4.9)			18(28.6)
1	291(46.3)	157(55.7)	134(38.6)			101(34.7)
2、3	172(27.3)	46(16.3)	126(36.3)			82(47.7)
4~	103(16.4)	33(11.7)	70(20.2)			46(44.7)

[注] a: 趋势性 χ^2 检验结果。部分数据缺失。

[Note]: a: The results of Chi-square test for trend. Some data are missing.

2.2 WMSDs 发生情况

调查对象 WMSDs 发生情况在不同组别中的分布情况及 χ^2 检验结果详见表 1。结果显示不同工作类别组间性别、年龄、文化程度、体育锻炼频率、BMI、吸烟情况、饮酒情况、月收入、岗位工龄、总工龄及加班情况分布均存在差异; 分层分析显示, 轨道客车制造作业人员各特征组 WMSDs 总发生率均高于相应特征组电子配件组装作业人员。

研究对象 WMSDs 总发生率为 39.6%(265/670), 其中电子配件组装作业人员发生率 16.9%, 轨道客车制造作业人员为 57.3%。轨道客车制造作业人员中, 以下背痛发生率最高, 为 35.2%; 其次为颈部、肩部、手/腕部, 依次为 29.3%、27.5%和 27.5%; 肘部发生率最低, 为 14.1%。电子配件组装作业人员当中, 各部位发生率普遍较低, 颈部最高, 为 10.2%, 见表 2。

表 2 不同类别装配制造企业作业人员身体各部位 WMSDs 发生情况

Table 2 Prevalence of WMSDs in various body parts by work types of assembly workers in manufacturing enterprises

项目 Item	电子配件组装 Electronic accessories assembly, n(%)	轨道客车制造 Railway vehicle manufacturing, n(%)	合计 Total n(%)	χ^2	P
颈部 Neck	30(10.2)	110(29.3)	140(20.9)	36.68	<0.001
肩部 Shoulders	23(7.8)	103(27.5)	126(18.8)	41.84	<0.001
上背部 Upper back	17(5.8)	97(25.9)	114(17.0)	47.26	<0.001
下背/腰 Low back/waist	16(5.4)	132(35.2)	148(22.1)	85.06	<0.001
肘部 Elbows	11(3.7)	53(14.1)	64(9.6)	20.69	<0.001
手/腕部 Hands/wrists	10(3.4)	103(27.5)	113(16.9)	68.26	<0.001
臀/大腿 Hips/thighs	10(3.4)	89(23.7)	99(14.8)	54.26	<0.001
膝部 Knees	4(2.3)	81(21.3)	91(9.2)	46.65	<0.001
足/踝 Feet/ankles	4(1.4)	88(23.5)	92(13.7)	68.14	<0.001
WMSDs	50(16.9)	215(57.3)	265(39.6)	112.63	<0.001

2.3 工效学负荷

结果显示调查对象心理负荷的 $M(P_{25}, P_{75})$ 为 55.6 (51.9, 83.3) 分, 姿势负荷为 27.1(16.0, 41.5) 分; 其中电子配件组装作业人员的心理负荷为 51.9(48.1, 63.0) 分,

姿势负荷为 17.4(10.6, 26.6) 分; 轨道客车制造作业人员的心理负荷的 $M(P_{25}, P_{75})$ 为 63.0(51.9, 88.9) 分, 姿势负荷为 36.0(23.9, 53.9) 分, 见表 3。不同工作类别作业人员之间的心理负荷分布($Z=3.101, P<0.001$) 及姿势负荷分布($Z=5.573, P<0.001$) 差异均有统计学意义。

表 3 不同类别装配制造企业作业人工效学负荷分布

Table 3 Ergonomic exposure distribution by work types of assembly workers in manufacturing enterprises

工作类别 Type of work	心理负荷得分/分 Mental load score/point				姿势负荷得分/分 Posture load score/point			
	n	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	n	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅
电子配件组装 Electronic accessories assembly	270	48.1	51.9	63.0	236	10.6	17.4	26.6
轨道客车制造 Railway vehicle manufacturing	315	51.9	63.0	88.9	322	23.9	36.0	53.9
合计 Total	585	51.9	55.6	83.3	558	16.0	27.1	41.5
Z(P)	3.101(<0.001)				5.573(<0.001)			

2.4 工效学负荷与 WMSDs 关系

对各变量之间相关情况进行分析, Spearman 秩相关结果显示, 心理负荷与姿势负荷之间秩相关系数为 0.351; 岗位工龄与心理负荷、姿势负荷之间秩相关系数分别为 0.139、0.269; 秩相关结果表明, 三者之间虽然存在相关性, 但各变量之间相关程度并不高, 共线情况并不严重。共线性分析结果表明, 各变量的 VIF 均小于 2.3, TOL 均大于 0.4, 此外各维度的特征值分析及方差分解比例结果均显示变量之间的多重共线情况不严重。

将工作类别作为 WMSDs 发生率的影响因素进行探讨, 建立非条件 logistic 回归模型, 结果显示: 性别为女、饮酒、工作类别是轨道客车制造者 WMSDs 发生风险更高; 心理负荷每增加 1 个标度, 发生 WMSDs 的风险增加 1.9%($P<0.05$); 姿势负荷每增加 1 个标度, 罹患 WMSDs 的风险增加 3.4%($P<0.05$), 见表 4。

对不同工作类别组分层后, 多因素分析结果显示: 年龄、姿势负荷与电子配件组装作业人员 WMSDs 的发生风险有关, 30~39 岁、40 岁及以上年龄段电子配件组装作业人员发生风险分别是 30 岁以下作业人员的 2.526、12.263 倍; 而对于轨道客车装配作业人员, 饮酒、肥胖者 WMSDs 的发生风险更高; 此外心理负荷、姿势负荷每增加 1 个标度, WMSDs 发生风险也相应提高 1.3%和 3.3%($P<0.05$)。结果见表 5。

表 4 装配制造企业作业人员 WMSDs 多因素 logistic 回归分析 (n=670)

Table 4 Multiple logistic regression analysis of WMSDs in assembly workers in manufacturing enterprises (n=670)

项目(Item)	b	S _b	Wald χ^2	P	OR	95%CI
常量(Constant)	-4.444	1.314	11.430	0.001	0.012	—
女性(Female)*	1.148	0.393	8.514	0.004	3.152	1.458~6.813
饮酒(Drinking)*	0.659	0.277	5.680	0.017	1.934	1.124~3.326
月收入/元(Monthly income/yuan)						
≤2 000	—	—	15.166	0.002	—	—
2 001~	0.110	1.198	0.008	0.927	1.117	0.107~11.684
4 001~	1.221	1.205	1.027	0.311	3.391	0.320~35.964
5 001~	0.811	1.232	0.434	0.510	2.250	0.201~25.149
工作类别为轨道客车制造(Railway vehicle manufacturing workers)*	1.228	0.339	13.092	<0.001	3.416	1.756~6.644
心理负荷(Mental load)	0.019	0.006	10.265	0.001	1.019	1.007~1.031
姿势负荷(Posture load)	0.034	0.008	19.169	<0.001	1.034	1.019~1.050

[注] 模型调整了年龄、文化程度、体育锻炼、BMI、吸烟、岗位工龄、总工龄、加班情况。*: 分别以男性、不饮酒、工作类别为电子配件组装作为对照。

[Note] The model is adjusted for age, education level, exercise, BMI, smoking, length of service in current job, total length of service, and work overtime.

*: Male, no drinking, electronic accessories assembly workers serve as references, respectively.

表 5 不同类别装配制造企业作业人员 WMSDs 多因素 logistic 回归分析 (n=670)

Table 5 Multiple logistic regression analysis of WMSDs for different work types of assembly workers in manufacturing enterprises (n=670)

项目(Item)	b	S _b	Wald χ^2	P	OR	95%CI
电子配件组装(Electronic accessories assembly)						
常量(Constant)	-2.497	0.369	45.751	<0.001	0.082	—
年龄/岁(Age/years)						
18~	—	—	10.598	0.005	—	—
30~	0.926	0.394	5.528	0.019	2.526	1.167~5.467
40~	2.507	0.956	6.880	0.009	12.263	1.884~79.799
姿势负荷(Posture load)	0.025	0.012	4.463	0.035	1.025	1.002~1.049
轨道客车制造(Railway vehicle manufacturing)						
常量(Constant)	-2.641	0.548	23.215	<0.001	0.071	—
BMI						
正常(Normal)	—	—	8.572	0.036	—	—
偏瘦(Underweight)	0.942	0.522	3.261	0.071	2.565	0.923~7.131
超重(Overweight)	0.547	0.308	3.168	0.075	1.729	0.946~3.159
肥胖(Obesity)	1.129	0.490	5.319	0.021	3.094	1.185~8.078
饮酒(Drinking)*	0.710	0.289	6.052	0.014	2.035	1.155~3.583
心理负荷(Mental load)	0.013	0.006	4.323	0.038	1.013	1.001~1.025
姿势负荷(Posture load)	0.033	0.008	17.736	<0.001	1.033	1.018~1.049

[注] *: 以不饮酒作为参考。

[Note] *: No drinking serves as reference.

3 讨论

WMSDs 目前已经成为职业健康领域备受关注的问题, 此类疾患影响作业人员的工作能力, 造成较为严重的经济损失与社会负担^[18]。工效学负荷是对工人在作业过程中承受的生理、心理等方面活动水平的系统性评估, 包括姿势负荷以及心理负荷等。研究证明, 工作中的姿势负荷和力量负荷等工效学负荷是反映 WMSDs 发生危险水平的重要因素^[9]。工效学负荷水平的量化评估是保证工人负荷处于合理水平, 预防 WMSDs 的重要手段。正确评估工效学负荷风险并给

出针对性改进措施有利于降低事故发生率, 减少工作导致的损伤, 提高工作效率。

本研究中装配制造业作业人员 WMSDs 总体发生率为 39.6%, 发生率较高的部位为下背/腰部(22.1%)、颈部(20.9%)、肩部(18.8%)及上背部(17.0%), 与既往研究中制造业作业人员相关部位 WMSDs 发生率接近^[19-21], 表明这些部位是制造业作业人员 WMSDs 的高发部位, 在企业健康管理规范以及职业健康防护中应当予以重视。不同类别装配制造企业作业人员 WMSDs 发生率存在差异, 电子配件组装作业人员为 16.9%, 而

轨道客车制造作业人员达 57.3%, 且各部位发生率及总发生率均高于前者, 与吴家兵^[22]对于三家汽车装配制造生产工人研究结果(57.4%)接近, 但低于王会宁等^[23]对汽车装配工人的研究结果(84.0%), 这可能是由于不同类别作业人工效学负荷等存在差异。

本研究基于“中国肌肉骨骼疾患问卷”建立作业人员在工作过程中的动态工作姿势及静态受力等负荷的姿势负荷评价方法, 并结合姿势负荷评价与心理负荷评价方法, 对作业人员的工效学负荷进行综合量化分析, 将处理后的姿势负荷与心理负荷变量纳入多因素 logistic 回归模型, 共线性分析结果表明, 各变量的 VIF 均小于 2.3, TOL 均大于 0.4, 各维度的特征值分析及方差分解比例结果均显示共线性情况不严重。本研究多因素回归模型分析结果显示: 性别为女、饮酒、工作类别是轨道客车制造的研究对象 WMSDs 的发生风险更高; 心理负荷和姿势负荷越高, WMSDs 的发生风险越高。部分研究结果显示, WMSDs 患病情况特别是患病部位与性别有关, 女性患病风险高于男性^[24], 本研究结果与其类似, 这可能是由于女性力量较小, 在相同工作量条件下, 相对工作强度更高, 疲劳水平更高^[25]。而饮酒者 WMSDs 发生风险更高的原因可能是乙醇的毒害作用会导致人体骨量降低^[26]。

根据本研究工作类别组的多因素分析结果, 年龄与电子配件组装作业人员发生 WMSDs 有关, 年龄越高则作业人员 WMSDs 的发生风险越高。对于轨道客车制造作业人员, BMI 为肥胖者的 WMSDs 发生风险更高($OR=3.094$)。本研究结果显示, 姿势负荷及心理负荷水平与 WMSDs 的发生风险呈正相关关系, 既往研究结果与此相近^[15, 24]; 客车装配制造作业人员 WMSDs 的发生率是电子配件组装的 3.4 倍, 推测与轨道客车制造体力作业重复、负荷高、节奏快等因素有关。电子配件组装工人一般采取坐姿精细作业, 需长时间、频繁地低头、转头, 导致颈部和上肢肌群出现较大姿势负荷, 但工作性质导致的力量负荷相对较低。本研究中电子配件组装作业人员的 WMSDs 发生率为 16.9%, 各部位发生率普遍较低, 颈部最高, 为 10.2%, 与珠宝行业类似^[27], WMSDs 高发部位与主要是颈、肩、背部与腰部, 与张喜标等^[28]的研究结论基本一致。肩部、上背部、下背/腰部发生率由高至低依次为 7.8%、5.8%、5.4%, WMSDs 总体发生率低于张丹英等^[29]的研究结果(69.4%)。这可能与工作方式及承受的负荷不一致有关, 企业的工作环境及采取相应工效学干预措施力度不同也可能是 WMSDs 发生率存在差异的原因。

相较于电子配件组装人员, 轨道客车制造作业人员工作强度较大, 且工作姿势较为复杂, 以站姿居多, 车门、底盘、内饰、尾线等诸多工段工人需长时间保持频繁弯腰等不良工作姿势, 故下背/腰部 WMSDs 发生率(35.2%)高于其他部位, 与以往体力负荷引起的 WMSDs 主要累及下背部与腰部的研究结论一致^[30]。

职业人员的性别等个体因素^[31-32]、作业类别以及姿势负荷、心理负荷等职业相关因素^[24, 33]都可能与 WMSDs 的发生有关。既往研究多应用 logistic 回归模型探讨工作姿势及心理因素等 WMSDs 的潜在危险因素, 但大多是以单个描述条目的形式纳入回归模型。工人所在的工作场所存在的职业因素较多, 潜在的职业危害较为复杂, 在分析疾病的危险因素以及病因模型探索时可能存在的干扰也较多; 尽管在研究 WMSDs 危险因素时进行逐一分析能较好地反映特定工作姿势或心理等因素与 WMSDs 的关联, 但统计分析时可能出现差异性检验无统计学意义而未能进入多因素研究模型的工作姿势评价条目被选择性剔除的情况, 对有效评估工效学负荷与 WMSDs 的关系产生不利影响。建立负荷综合评估模型有效避免了过多负荷相关条目导致的多重共线性对回归结果的影响^[34], 有利于全面评价作业人员在工作过程中承受的工效学负荷。

本研究中尚存在一些不足。目前国内外鲜有关于 WMSDs 的队列研究, 本研究所采用的方法是现况调查, 暴露与结局的时序关系无法确定, 仅能为病因假设提供参考, 而对因果推断存在一定局限。WMSDs 是一类系统性疾病, 尽管目前使用的职业流行病学判别方法在大规模职业流行病学研究中切实可行, 但本研究采用的自报式病例诊断方式难免存在回忆偏倚, 疾病的临床诊断及诊治过程中还需要更具体的临床诊断标准。本研究中心理负荷 OR 值相对较低, 原因可能是评价方法存在差异, 且不同工作类别人群的作业流程及工作条件等存在不同。本研究工效学负荷内容、评价方法等内容还需要进一步完善, 且缺乏对力量负荷等重要工效学负荷因素影响的评估, 各类负荷综合指标的协同交互效应也亟待探讨。

工效学负荷研究对装配作业人员 WMSDs 的早期发现及防控具有较大意义, 未来将进一步聚焦于建立规范化的工效学负荷评价体系, 以实现工效学研究中所关注的舒适、安全、效率等优化目标。

参考文献

[1] 金宪宁, 王生, 张忠彬, 等. 工作相关肌肉骨骼疾患经济负担研究现

- 状[J]. 中国职业医学, 2019, 46(1): 117-120.
- JIN XN, WANG S, ZHANG ZB, et al. Current status of economic burden of work-related musculoskeletal disorders[J]. Chin Occup Med, 2019, 46(1): 117-120.
- [2] 金宪宁, 娜扎开提·买买提, 王世娟, 等. 某轨道客车制造企业作业人员多部位工作相关肌肉骨骼疾患影响因素分析[J]. 中国职业医学, 2019, 46(2): 144-151.
- JIN XN, MAMAT N, WANG SJ, et al. Analyzing the influencing factors of multisite work-related musculoskeletal disorders among workers in a railway vehicle manufacturing enterprise[J]. Chin Occup Med, 2019, 46(2): 144-151.
- [3] RUSSO F, DI TECCO C, FONTANA L, et al. Prevalence of work related musculoskeletal disorders in Italian workers: is there an underestimation of the related occupational risk factors?[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2020, 21(1): 738.
- [4] RODRIGUEZ DIEZ-CABALLERO B, ALFONSO-BELTRÁN J, BAUTISTA IJ, et al. Occupational risk factors for shoulder chronic tendinous pathology in the Spanish automotive manufacturing sector: a case-control study[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2020, 21(1): 818.
- [5] 国家统计局. 2021中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- National Bureau of Statistics of China. 2021 China statistical yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2021.
- [6] 王富江, 金旭, 娜扎开提·买买提, 等. 制造业工人肌肉骨骼疾患发生模式及影响因素[J]. 北京大学学报(医学版), 2020, 52(3): 535-540.
- WANG FJ, JIN X, MAMAT N, et al. Occurrence pattern of musculoskeletal disorders and its influencing factors among manufacturing workers[J]. J Peking Univ (Health Sci), 2020, 52(3): 535-540.
- [7] 刘璐, 唐仕川, 王生, 等. 工作组织因素对职业性肌肉骨骼损伤患病影响的病例对照研究[J]. 工业卫生与职业病, 2015, 41(3): 170-173.
- LIU L, TANG SC, WANG S, et al. A case-control study on the effect of work organization on the prevalence of WMSDs[J]. Ind Health Occup Dis, 2015, 41(3): 170-173.
- [8] 曹扬, 唐丽华, 张蔚, 等. 机场搬运作业人员下背痛工效学因素分析[J]. 中国工业医学杂志, 2016, 29(4): 262-265.
- CAO Y, TANG LH, ZHANG W, et al. Analysis of ergonomic factors for low back pain among airport baggage handlers[J]. Chin J Ind Med, 2016, 29(4): 262-265.
- [9] 袁志伟, 唐仕川, 王生, 等. 工效学负荷评价方法研究进展[J]. 环境与职业医学, 2015, 32(9): 887-891.
- YUAN ZW, TANG SC, WANG S, et al. Research advance on evaluation methods for ergonomic exposure[J]. J Environ Occup Med, 2015, 32(9): 887-891.
- [10] 曹磊, 杜薇薇, 王生, 等. 心理因素及物理负荷对职业性肌肉骨骼疾患的影响分析[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2011, 29(3): 176-179.
- CAO L, DU WW, WANG S, et al. The interactive effect of job task and psychosocial factors on work-related musculoskeletal disorders[J]. Chin J Ind Hyg Occup Dis, 2011, 29(3): 176-179.
- [11] 崔娅, 袁志伟, 徐相蓉, 等. 社会心理因素对妇产科医务人员工作相关肌肉骨骼疾患的影响[J]. 中国工业医学杂志, 2016, 29(4): 256-258.
- CUI Y, YUAN ZW, XU XR, et al. Analysis of the influence of social psychological factors on WMSDs in the medical staff of obstetrics and gynecology[J]. Chin J Ind Med, 2016, 29(4): 256-258.
- [12] 董一丹, 娜扎开提·买买提, 王富江, 等. 中国肌肉骨骼疾患问卷编制与验证——附调查问卷[J]. 中国职业医学, 2020, 47(1): 8-18.
- DONG YD, MAMAT N, WANG FJ, et al. Establishment and verification of the Chinese Musculoskeletal Questionnaire —The questionnaire is attached in the attachment[J]. China Occup Med, 2020, 47(1): 8-18.
- [13] 倪国华, 张璟, 郑风田. 中国肥胖流行的现状与趋势[J]. 中国食物与营养, 2013, 19(10): 70-74.
- NI GH, ZHANG J, ZHENG FT. Status and Trends of Chinese Obesity Epidemic[J]. Food Nutr China, 2013, 19(10): 70-74.
- [14] 国际劳工局. 工效学检查要点[M]. 张敏, 译. 2版. 北京: 中国工人出版社, 2014.
- International Labour Office. Ergonomics checkpoints[M]. ZHANG M, trans. 2nd ed. Beijing: China Worker Publishing House, 2014.
- [15] 秦东亮, 金宪宁, 王世娟, 等. 作业人员姿势负荷评价信效度分析及与肌肉骨骼疾患关系[J]. 北京大学学报(医学版), 2018, 50(3): 488-494.
- QIN DL, JIN XN, WANG SJ, et al. Research on the reliability and validity of postural workload assessment method and the relation to work-related musculoskeletal disorders of workers[J]. J Peking Univ (Health Sci), 2018, 50(3): 488-494.
- [16] 肖元梅, 王治明, 王绵珍, 等. 主观负荷评估技术和NASA任务负荷指数量表的信度与效度评价[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2005, 23(3): 178-181.
- XIAO YM, WANG ZM, WANG MZ, et al. The appraisal of reliability and validity of subjective workload assessment technique and NASA-task load index[J]. Chin J Ind Hyg Occup Dis, 2005, 23(3): 178-181.
- [17] 秦东亮, 王生, 张忠彬, 何丽华. 工作相关肌肉骨骼疾患判别标准研究进展[J]. 中国职业医学, 2017, 44(3): 362-364, 370.
- QIN DL, WANG S, ZHANG ZB, HE LH. Research advance on diagnostic criteria of work-related musculoskeletal disorders[J]. China Occup Med, 2017, 44(3): 362-364, 370.
- [18] 王富江, 张忠彬, 何丽华. 我国职业工效学研究历程和进展[J]. 工业卫生与职业病, 2019, 45(6): 485-488.
- WANG FJ, ZHANG ZB, HE LH. Research progress and advance on occupational ergonomics of China[J]. Ind Health Occup Dis, 2019, 45(6): 485-488.
- [19] ABARAOGU UO, OKAFOR UA C, EZEUKWU AO, et al. Prevalence of work-related musculoskeletal discomfort and its impact on activity: a survey of beverage factory workers in Eastern Nigeria[J]. Work, 2015, 52(3): 627-634.
- [20] VAN L, CHAIEAR N, SUMANANONT C, et al. Prevalence of musculoskeletal symptoms among garment workers in Kandal province, Cambodia[J]. J Occup Health, 2016, 58(1): 107-117.
- [21] 陈振龙, 赵艳, 易桂林, 等. 某电子企业作业工人肌肉骨骼疾患调查分析[J]. 工业卫生与职业病, 2016, 42(6): 433-436.
- CHEN ZL, ZHAO Y, YI GL, et al. Survey on the prevalence of musculoskeletal disorders among workers in an electronic company[J]. Ind Health Occup Dis, 2016, 42(6): 433-436.
- [22] 吴家兵. 某汽车制造厂工人肌肉骨骼疾患调查及危险因素分析[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
- WU JB. Survey and analysis on risk factors of musculoskeletal disorders among automobile manufacturing workers[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2013.
- [23] 王会宁. 汽车装配工人局部肌肉骨骼损伤及表面肌电特征研究[D]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2012.
- WANG HN. The study of the local musculoskeletal disorders and the surface electromyography characteristics during car assembly tasks[D]. Beijing: Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2012.
- [24] DARVISHI E, MALEKI A, GIAHI O, et al. Subjective mental workload and its correlation with musculoskeletal disorders in bank staff[J]. J Manipulative Physiol Ther, 2016, 39(6): 420-426.

- [25] SLOPECKI M, MESSING K, CÔTÉ J N. Is sex a proxy for mechanical variables during an upper limb repetitive movement task? An investigation of the effects of sex and of anthropometric load on muscle fatigue[J]. *Biol Sex Differ*, 2020, 11(1): 60-60.
- [26] 张颖, 齐云, 裴育. 大量饮酒对成年男性骨密度影响的回顾性分析[J]. 中国慢性病预防与控制, 2010, 18(02): 150-151.
ZHANG Y, QI Y, PEI Y. Retrospective analysis of the effect of heavy alcohol drinking on BMD in adult men[J]. *Chin J Prev Control Chronic Dis*, 2010, 18(02): 150-151.
- [27] 罗孝文, 徐雷, 于洋, 等. 3家珠宝加工厂作业工人肌肉骨骼疾患调查及其危险因素分析[J]. 工业卫生与职业病, 2012, 38(4): 212-216.
LUO X W, XU L, YU Y, et al. Survey on the occupational musculoskeletal disorders and their risk factors among workers in 3 jewelry machining factories[J]. *Ind Health Occup Dis*, 2012, 38(4): 212-216.
- [28] 张喜标, 黄美群, 周耀生, 等. 广州南沙区电子制造业工人接触工效学危险因素与职业性肌肉骨骼疾患相关性研究[J]. 疾病监测与控制, 2017, 11(7): 560-561.
ZHANG X B, HUANG M Q, ZHOU Y S, et al. Study on the correlation between occupational musculoskeletal disorders and ergonomic risk factors of electronic manufacturing workers in Nansha District, Guangzhou[J]. *J Dis Mon Control*, 2017, 11(7): 560-561.
- [29] 张丹英, 陆利通, 胡浩, 等. 电子设备制造厂员工多部位工作相关肌肉骨骼疾患影响因素分析[J]. 中国职业医学, 2020, 47(3): 253-259.
ZHANG D Y, LU L T, HU H, et al. Analysis of risk factors of multi-site work-related musculoskeletal disorders among workers in the industry of electronic equipment manufacturing[J]. *China Occup Med*, 2020, 47(3): 253-259.
- [30] 宋挺博. 职业性肌肉骨骼疾患危险因素现场评价[D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
SONG T B. A field assessment on the risk factors of occupational musculoskeletal disorders[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2011.
- [31] 余善法, 谷桂珍, 孙世义, 等. 制造业工人肌肉骨骼疾患和劳动负荷及工作姿势分析[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2011, 29(3): 184-189.
YU S F, GU G Z, SUN S Y, et al. Analysis of musculoskeletal disorders, work load and working postures among manufacturing workers[J]. *Chin J Ind Hyg Occup Dis*, 2011, 29(3): 184-189.
- [32] HEUCH I, HAGEN K, HEUCH I, et al. The impact of body mass index on the prevalence of low back pain: the HUNT study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(7): 764-768.
- [33] 孙静, 张俊权, 李伟, 等. 加油站工人肌肉骨骼疾患及影响因素调查分析[J]. 工业卫生与职业病, 2010, 36(2): 105-107.
SUN J, ZHANG J Q, LI W, et al. Investigation of occupational muscular skeleton disease in gas station workers and its influencing factors[J]. *Ind Health Occup Dis*, 2010, 36(2): 105-107.
- [34] SHEN J, GAO S. A solution to separation and multicollinearity in multiple logistic regression[J]. *J Data Sci*, 2008, 6(4): 515-531.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 王晓宇)

· 告知栏 ·

喜讯: 《环境与职业医学》入选《预防医学与卫生学高质量科技期刊分级目录(2021版)》

近日, 中华预防医学学会在其网站公布了《预防医学与卫生学高质量科技期刊分级目录(2021版)》, 这是我国本领域首次开展期刊分级工作, 由上海市疾病预防控制中心主办的《环境与职业医学》成功入选该目录。

为贯彻落实中国科协、中宣部、教育部、科技部联合印发的《关于深化改革培育世界一流科技期刊的意见》推动建设与世界科技强国相适应的科技期刊体系, 助力我国科技期刊高质量发展, 按照中国科协的统一部署, 中华预防医学学会依据中国科协关于“价值导向、同行评议、等效使用”等原则要求, 组织建立了预防医学与卫生学高质量科技期刊评价指标体系, 采取定量和定性评价相结合的方式, 经过数据采集、期刊遴选、专家评议和专家评审委员会会议审核认定、公示、复审等程序, 最终形成2021年度《预防医学与卫生学高质量科技期刊分级目录》, 共收录期刊122种, 其中中文期刊33种, 外文期刊的89种。

《环境与职业医学》(*Journal of Environmental & Occupational Medicine, JEOM*)杂志, 创刊于1984年, 系由上海市疾病预防控制中心主办的专业性学术期刊, 以刊登中文文献为主(含英文摘要), 月刊。所有被录用的稿件均经过同行专家评议。纸质印刷版于每月25日出版。国际连续出版物号: ISSN 2095-9982; 国内统一连续出版物号: CN 31-1879/R。杂志主页: www.jeom.org。目前杂志已被中国科学引文数据库(CSCD)源期刊、中文核心期刊(北大核心)、中国科技论文统计源期刊(科技核心)、Scopus数据库、Doaj数据库、EBSCO数据库、CABI数据库、美国剑桥科学文摘(自然科学)、美国化学文摘(CA)数据库等国内、国际著名数据库所收录。