

物理因素职业病危害风险的精准评估

叶春嫦

惠州市职业病防治院，广东省惠州市，516008；

摘要：物理因素职业病危害风险精准评估对于保障劳动者职业健康至关重要。本研究聚焦物理因素，剖析其在工作场所中的特性、分布及对人体健康的潜在影响。通过探讨现有评估方法的优势与局限，提出优化精准评估的策略，旨在提高评估的准确性与可靠性，为有效防控物理因素职业病危害提供科学依据，降低职业人群患病风险，促进职业健康管理的科学化和规范化。

关键词：物理因素；职业病危害；风险精准评估

DOI:10.69979/3029-2808.24.11.025

引言

在现代工业生产和工作环境中，物理因素如噪声、振动、辐射等广泛存在。这些物理因素若超出一定限度，会对劳动者的身体健康造成严重危害，引发各类职业病。准确评估物理因素职业病危害风险，是预防和控制职业病发生的关键环节。然而，当前评估工作存在诸多挑战，精准度有待提高。因此，深入分析物理因素，探索精准评估方法具有重要的现实意义。

1. 物理因素概述

1.1 常见物理因素类型

物理因素包含多种类型。噪声是极为常见的一种，在工业生产、建筑施工、交通运输等众多领域广泛存在。例如在机械制造车间，各种机床运转会发出持续的高强度噪声。高温也是常见物理因素，在钢铁冶炼、玻璃制造等行业，高温环境不可避免，熔炉周边温度极高。还有振动因素，像手持风动工具的工人会长期暴露于振动环境下，采矿、建筑等行业的打钻、压路等作业也会产生强烈振动。另外，电磁辐射也不容忽视，在电力传输、电子设备制造与使用、通信基站等周围存在不同频率和强度的电磁辐射。紫外线在电焊、紫外线消毒等作业场景下存在，而激光则在医疗、科研、加工制造（如激光切割）等领域作为特殊的物理因素出现。

1.2 物理因素的特性及危害机制

噪声具有强度、频率等特性。高强度噪声会损害人的听觉系统，其危害机制主要是噪声引起内耳毛细胞的机械性损伤，导致听力下降。长时间处于噪声环境下，

还可能引发耳鸣、听力永久性丧失等问题。高温的特性表现为热辐射、空气温度等方面。它对人体的危害是通过影响人体的体温调节系统，当外界温度过高，人体散热困难，会引起中暑，严重时可发展为热射病，对中枢神经系统、心血管系统等造成损害。振动按频率和幅度等特性不同而有不同危害，低频高幅振动可能影响人体的骨骼、关节和肌肉，导致手臂振动病，引发手部末梢循环和神经功能障碍，出现手指麻木、疼痛等症状。电磁辐射的特性包括频率、波长和能量等，不同频段的电磁辐射穿透能力和对人体的生物效应不同。高强度电磁辐射可能影响人体细胞的正常代谢，破坏生物大分子结构，如影响 DNA 复制和修复，增加患癌风险。紫外线具有波长短、能量高的特性，可直接损伤皮肤细胞中的 DNA，引起皮肤红斑、晒伤，长期暴露还可能引发皮肤癌。激光具有高能量密度、方向性好的特性，高强度激光照射人体可瞬间造成局部组织的严重烧伤，损害眼睛视网膜等敏感部位。

2 物理因素职业病危害现状

2.1 主要职业病种类及分布

在我国，物理因素导致的职业病种类多样。噪声聋是由于长期暴露于噪声环境而引发的典型职业病，主要分布在制造业，如机械制造、汽车制造等。在机械制造车间，工人长时间在噪声强度超过 85dB(A) 的环境下工作，日积月累就容易患上噪声聋。高温中暑类职业病在高温作业行业较为常见，如冶金行业中的炼钢、炼铁工人，建筑行业中的露天作业工人等。在炎热的夏季，这些工人面临着高温中暑的风险。手臂振动病主要出现在

使用手持振动工具的行业，如采矿业中的风钻工，长期握持振动工具会导致手部血管、神经和肌肉的病变。

2.2 物理因素危害的行业特点

制造业是物理因素危害较为集中的行业。在机械制造方面，从原材料切割、加工到成品组装，每个环节都可能存在多种物理因素危害。例如，切割工序会产生噪声和金属粉尘，而焊接工序除了有强光、高温外，还有可能产生电磁辐射。建筑行业的特点是露天作业多、工作环境多变。工人不仅要承受夏季高温的考验，在施工过程中，打桩、压路等设备还会产生振动和噪声。采矿业的井下作业环境恶劣，通风条件差，存在高温、高湿度的情况，同时开采设备产生的振动和噪声对矿工健康也有影响。电力行业由于涉及到高压电的传输和变电站的运行，电磁辐射防护是重要问题，电力工人在巡检、维护设备时可能暴露于电磁辐射环境下。电子制造行业则在微观加工过程中会涉及到激光、电磁辐射等物理因素，如芯片制造中的光刻工序需要用到激光技术，操作不当可能对工人眼睛等造成损害。

3 物理因素职业病危害风险评估方法

3.1 传统评估方法及局限性

传统的物理因素职业病危害风险评估方法有一定的特点。例如，对于噪声危害的评估，往往基于噪声的强度测量，根据测量结果与国家规定的职业接触限值进行简单比较。如果噪声强度超过 85dB(A)，就判定为存在风险。这种方法的局限性在于它没有充分考虑工人暴露于噪声环境的时间模式，比如间歇性暴露与持续性暴露的差异。对于高温危害的评估，传统方法主要关注环境温度，以 WBGT 指数（湿球黑球温度）为依据，当 WBGT 指数超过规定值时判定为高温作业。然而，这种方法没有深入考虑个体的生理适应能力、劳动强度等因素。在评估振动危害时，传统方法侧重于测量振动的加速度等参数，与标准限值对比来判断风险，但忽略了振动频率、工人握持工具的方式等对危害的影响。对于电磁辐射危害的评估，多是测量辐射的场强，依据国家标准判断是否超标，却没有全面考虑不同频段电磁辐射的生物效应差异以及个体敏感性的不同。

3.2 精准评估方法的发展趋势

精准评估方法正朝着多因素综合考量的方向发展。

对于噪声危害，不仅要测量噪声强度，还要记录工人暴露的时间模式，如通过佩戴个体噪声剂量计，准确获取 24 小时内的噪声暴露剂量。结合工人的听力基础数据，利用先进的数学模型预测听力损失的风险。在高温危害评估方面，除了测量环境温度指标外，会综合考虑工人的代谢率、服装热阻等因素。例如，利用可穿戴设备监测工人的心率、出汗量等生理参数，结合环境温度、湿度等数据，更精准地评估中暑风险。对于振动危害，精准评估将考虑振动的频率、方向、工人接触振动的方式以及个体的手部血液循环状况等因素。借助生物力学模型，分析振动能量在人体手部的传递和分布，预测手臂振动病的发生风险。在电磁辐射危害评估上，会深入研究不同频段电磁辐射的生物效应机制，根据个体的基因特征判断其对电磁辐射的敏感性，采用先进的剂量 - 反应模型来精准评估风险。

4 影响物理因素职业病危害风险精准评估的因素

4.1 物理因素监测的准确性

物理因素监测的准确性是精准评估的基础。在噪声监测方面，监测设备的精度和校准情况至关重要。如果噪声测量仪精度不够，或者没有按照规定进行校准，所测得的噪声强度数据就可能存在偏差。例如，一些低质量的噪声测量仪在测量高频噪声时可能会低估噪声强度。在高温监测中，温度计的放置位置、测量时间间隔等都会影响测量结果的准确性。如果温度计放置在通风良好的位置，可能会低估实际的热环境温度。对于振动监测，传感器的灵敏度和安装方式影响很大。若传感器安装不当，可能无法准确捕捉振动的频率、幅度等关键参数。在电磁辐射监测中，监测仪器的频段覆盖范围和检测限会影响测量的全面性和准确性。

4.2 个体易感性差异

个体易感性差异对物理因素职业病危害风险精准评估有着重要影响。不同个体对噪声的敏感程度不同，有些人即使在较低噪声强度下也可能出现听力损害，而有些人则能耐受较高强度的噪声。这与个体的内耳结构、生理机能以及遗传因素有关。在高温环境下，个体的耐热能力差异明显。年龄、性别、身体基础状况等因素都会影响个体的耐热性。例如，老年人和患有心血管疾病的人在高温环境下更容易中暑。对于振动危害，个体的

手部肌肉力量、骨骼结构以及血管弹性等因素影响其对振动的耐受能力。手部肌肉力量强的人可能更能抵抗振动对肌肉的损伤。在电磁辐射方面,个体的基因差异决定了其对电磁辐射的敏感性,某些基因变异可能使个体更容易受到电磁辐射的损害,如在 DNA 修复基因存在缺陷的个体,电磁辐射可能更容易引发细胞的癌变。

4.3 评估模型的科学性

评估模型的科学性直接关系到物理因素职业病危害风险精准评估的可靠性。一个科学的噪声危害评估模型应该综合考虑噪声的物理特性(强度、频率、频谱等)、工人暴露的时间模式以及个体的听力保护措施等因素。如果模型过于简单,只考虑噪声强度与暴露时间的乘积,就不能准确反映实际的危害风险。在高温危害评估模型中,需要科学地纳入环境热因素(温度、湿度、风速等)、个体的生理特征(代谢率、服装热阻等)以及劳动强度等变量。缺乏对这些因素的合理考量会使模型预测的中暑风险不准确。对于振动危害评估模型,要考虑振动的物理参数(频率、幅度、方向等)、个体接触振动的方式以及个体的生物力学特性等因素。如果模型构建不合理,可能会高估或低估手臂振动病的风险。在电磁辐射危害评估模型中,必须依据不同频段电磁辐射的生物效应机制,结合个体的基因敏感性等因素,否则模型得出的风险评估结果将缺乏科学性。

5 提高物理因素职业病危害风险精准评估的策略

5.1 优化监测技术与方法

优化监测技术与方法是提高物理因素职业病危害风险精准评估的重要手段。在噪声监测方面,研发高精度、宽频带的噪声测量仪,能够准确测量不同频率范围的噪声强度。采用无线传感器网络技术,可以实现对工作场所噪声的多点实时监测,提高监测的全面性。对于高温监测,开发小型化、高精度的温度传感器,可将其集成到可穿戴设备中,实现对工人个体周围热环境的连续监测。同时,利用热成像技术,可以直观地获取工作场所的热分布情况,辅助高温危害评估。在振动监测上,改进振动传感器的设计,提高其灵敏度和频率响应范围,采用多轴传感器可以更全面地测量振动的方向和幅度。在电磁辐射监测领域,研制宽频段、高灵敏度的电磁辐射监测仪,能够检测到微弱的电磁辐射信号,同时开发

便携式监测设备,方便在不同工作场所进行现场监测。

5.2 考虑个体因素的评估体系构建

构建考虑个体因素的评估体系是提高精准评估的关键。在噪声危害评估中,应收集工人的听力基础数据,如听力阈值、听力损失史等,将其纳入评估体系。同时,考虑个体的生活习惯(如是否经常佩戴耳机、参加嘈杂的娱乐活动等)对听力的潜在影响。对于高温危害评估,要根据个体的年龄、性别、身体状况(如是否患有基础疾病)等因素确定不同的评估指标权重。例如,对于身体较弱的工人,在高温作业风险评估中给予更高的权重。在振动危害评估方面,测量个体的手部生理参数(如肌肉力量、血管弹性等),并将其作为评估的重要依据。在电磁辐射危害评估中,进行个体基因检测,依据基因特征判断个体对电磁辐射的敏感性,从而构建个性化的评估体系。

5.3 完善评估模型与标准

完善评估模型与标准对于提高物理因素职业病危害风险精准评估至关重要。在噪声危害评估模型方面,应基于大量的实验数据和现场调查结果,构建更复杂、更符合实际情况的模型。例如,将噪声的频谱特性、工人暴露的时间模式以及个体的听力保护行为等因素以合理的数学关系纳入模型。对于高温危害评估标准,应根据不同行业、不同劳动强度以及不同气候区域进行细化。同时,完善高温危害评估模型,将个体的生理特征、环境因素以及劳动强度等因素进行科学的整合。在振动危害评估中,依据最新的生物力学研究成果,改进评估模型,使其能够准确反映振动的物理参数、个体接触振动的方式以及个体生物力学特性之间的关系。

6 结束语

物理因素职业病危害风险的精准评估是一项复杂而重要的工作。通过深入分析物理因素,不断改进评估方法,综合考虑多种影响因素,采取有效的优化策略,能够提高评估的精准度,为职业健康管理提供更可靠的支持,从而更好地保护劳动者的身体健康,推动职业健康事业的发展。结束语:通过对惠州某某化工原料有限公司工作场所的职业病危害因素进行系统监测与评估,揭示了化学有害因素与噪声污染的潜在风险。检测结果表明,部分岗位噪声超标,化学物质浓度虽未超过国家标准,但长期接触仍需引起重视。报告建议用人单位加

强职业健康管理,优化防护措施,降低职业病风险。未来研究应进一步关注新型危害因素的识别与防控,为劳动者健康提供更全面的保障。

参考文献

- [1]洪海玮,阮玉龙.化工企业职业卫生检测现场采样的质量控制要点[J].化工管理,2020(26):92-93.
- [2]程燕.试论化工行业职业卫生检测现场采样的质量控制[J].当代化工研究,2020(009):8-9.
- [3]刘凯.职业卫生检测现场采样的质量控制[J].城市周刊,2019(005):56.
- [4]张俊杰.化工企业生产中的健康危害及职业健康管理措施[J].化工管理,2022,(34):77-79. [1]范琳,魏婧豫,张恩迪.风险评估法在建设项目职业病危害预评价中的分析与应用[J].现代职业安全,2024,(10):71-73.
- [5]徐秋凉,张美辨,许灵通,等.“用人单位职业病危害综合风险评估方法”的完善和思考[J].环境与职业医学,2023,40(06):619-624.
- [6]李显,侯晓,张麟征,等.发电企业职业病危害因素与防护策略探讨[J].中国职业医学,2023,50(02):235-241.
- [7]尧振宇,李波,刘泽红,等.基于罗马尼亚事故和职业病风险评估方法的浮式生产储油船噪声危害评估[J].劳动保护,2023,(02):91-93.
- [8]黄文琪,徐宇萍,刘小安,等.江西省中小微制造企业职业病防治工作现状分析[J].中国职业医学,2022,49(06):673-677.
- [9]梁馨月,司建廷,王斌,等.风险评估法结合类比法对某废轮胎资源化利用进行职业病危害预评价[J].中国卫生工程学,2022,21(01):23-27+30.