

高温作业热环境评价指标的探讨

曹雪玲, 张妮萍, 李婷婷

摘要: [目的] 通过对上海铁路局 2005—2014 年高温作业岗位热环境的现场检测指标分析, 提出全面合理的高温评价指标。[方法] 选择上海铁路局内固定作业岗位的典型工种(包括洗罐工、锅炉工、锻工、洗涤工等), 2005—2009 年、2010—2014 年高温检测分别利用温差、湿球黑球温度(WBGT)指数作为高温作业评价及分级指标, 比较二者对相同作业岗位的判定差异。[结果] 利用温差作为评价指标, 炉前、洗涤、烘干、干洗作业不属于高温作业; 利用 WBGT 指数作为高温作业评价指标, 各岗位均属于高温作业岗位。除洗罐作业 2005—2009 年温差变化无统计学意义($P>0.05$)外, 其余岗位 2005—2009 年温差及各岗位 2010—2014 年 WBGT 指数变化均有统计学意义($P<0.01$)。[结论] 在使用 WBGT 指数评价高温作业分级过程中, 评价等级偏高, 建议考虑环境温差的因素。

关键词: 高温作业; 温差; 湿球黑球温度指数; 评价指标; 环境热强度

Study on Evaluation Index for Working in Heat Environment CAO Xue-ling, ZHANG Ni-ping, LI Ting-ting (Occupational Health Department, Center for Disease Control and Prevention of Shanghai Railway Bureau, Shanghai 200071, China) • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To propose a comprehensive and rational evaluation index for heat working environment based on field surveillance data of high-temperature workstations of Shanghai Railway Bureau from 2005 to 2014. [Methods] Typical and fixed workstations (such as tank cleaner, boiler man, metalsmith, and washer) of Shanghai Railway Bureau were selected. Temperature difference was taken to grade and assess working in hot environment for 2005–2009, and Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) for 2010–2014. Differences in the judgment results for the same workstation by temperature difference and WBGT were compared and analyzed. [Results] The workstations of furnace, washing, drying, and dry cleaning were not graded as working in hot environment when considering temperature difference as the evaluation index; however, all selected workstations were graded as working in hot environment when using WBGT as the evaluation index. Except the yearly variation of temperature difference for tank cleaning in 2005–2009 ($P>0.05$), statistical differences were found in the yearly variations of temperature difference for the rest workstations in 2005–2009 and the yearly variations of WBGT for all selected workstations in 2010–2014 ($P<0.01$). [Conclusion] The WBGT index might over-grade working in hot environment; thus temperature difference is suggested.

Key Words: working in hot environment; temperature difference; Wet Bulb Globe Temperature index; evaluation index; environment heat intensity

高温是铁路运输生产中存在的主要职业病危害因素之一。为保障铁路职工健康, 上海铁路局疾病预防控制中心每年夏季(6—8月份)对上海铁路局高温作业环境均进行调查。2010年以前上海铁路局高温作业热环境利用室内外温差作为高温评价指标, 2010年后利用湿球黑球温度(WBGT)指数作为高温作业评价指标。有研究建议仍需用温差作为评价高温作业的常用指标和行政执法依据^[1], 亦有研究指出在应用 WBGT 指数进行高温检测评价分级时, 必须结合当地

自然气象条件的变化来评估检测结果的影响程度^[2]。本研究对上海铁路局近 10 年非露天、有固定作业岗位的典型工种进行工艺流程、高温作业特点调查, 对高温热环境检测结果进行分析, 以探讨利用 WBGT 指数作为高温综合评价指标的同时, 是否应与室内外温差、当地高温季节自然气象条件相结合, 以分析高温形成的因素, 并有针对性地指导防暑降温工作。

1 对象与方法

1.1 对象

本文调查对象均设有固定作业岗位, 热源稳定。

1.1.1 洗罐站 上海铁路局洗罐站罐车主要用于承运工业用轻油, 洗罐车清洗工艺采用蒸洗法, 工艺流程

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2015.14671

[作者简介] 曹雪玲(1972—), 女, 硕士, 主管医师; 研究方向: 职业卫生; E-mail: catherinecao@126.com

[作者单位] 上海铁路局疾病预防控制中心职业卫生科, 上海 200071

如下:油罐车列车位—清除残油—热蒸气蒸车—机械送风—下罐洗刷拭净内壁—作业完毕。洗罐工罐内每次作业时间为10~15 min,日平均下罐6次,两次下罐间隔时间一般>30 min。每天接触高温的作业时间为1~1.5 h。下罐时穿防热服、防护手套和防油靴子,戴头盔式防毒面具。蒸汽由锅炉燃煤供热,锅炉工每日高温作业时间约为2 h,作业时工人穿工作服,戴防护手套。

1.1.2 工务段 铁路工务段负责铁路线路及相关设备保养与维修,包括桥梁、隧道、涵洞、路基、钢轨、道岔、轨枕、道砟等的大、中维修及定期维护。铁路工务段锻工间生产工艺流程如下:锻件—煅烧—锻打—成品。锻件、煅烧由锅炉燃煤供热,锻造温度为380~470℃,接触高温的作业时间为锅炉工及锻工。工作时间为8 h,每天接触高温的作业时间为1~2 h,作业时工人穿工作服,戴防护手套,作业岗位设有轴流风扇。

1.1.3 洗涤综合服务有限公司 洗涤综合服务有限公司主要负责列车及铁路宾馆使用卧具的清洗,每天清洗整理6万件约30 t。工艺流程如下:洗涤—烘干—整烫或干洗—整烫。整烫需要的蒸汽由蒸汽管道接入到整烫岗位。洗涤车间包括洗涤作业、烘干作业、整烫作业、干洗作业。高温作业时间为6 h,作业时工人穿工作服。洗涤车间设有气楼,三台水冷风机,整烫岗位设有两台轴流风扇。

1.2 检测方法及评价依据

2005—2009年依据GB/T 934—1989《高温作业环境气象条件测定方法》^[3]开展室内外温度及定向辐射热检测,依据GBZ 2—2002《工作场所有害因素职业接触限值》^[4]、GBZ 1—2002《工业企业设计卫生标准》^[5]、GB 4200—84《高温作业分级》^[6]进行评价;2010—2014年依据GBZ/T 189.7—2007《工作场所物理因素测量 第七部分 高温》^[7]开展WBGT指数检测,按照GBZ 2.2—2007《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分:物理因素》^[8]、GBZ/T 229.3—2010《工作场所职业病危害作业分级 第3部分:高温》^[9]进行评价。

依据GBZ 2.2—2007《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分:物理因素》附录B常见职业体力劳动强度分级,本研究油罐车洗罐工、锅炉工、锻工为Ⅱ级(中等劳动),洗涤综合服务有限公司洗涤、烘干、整烫、干洗各岗位作业人员劳动强度为Ⅰ级(轻

劳动)。

检测设备包括通风干湿表(DHM2,天津气象海洋仪器厂)、单相辐射热计(FSR-II,天津第三分析仪器厂)、综合温度热指数仪测定器(QUESTempo32,美国QUEST公司)。

1.3 检测布点

洗罐作业及洗涤作业为受热均匀作业岗位。洗罐作业位检测点选择在罐口与一端之间,选择3个检测点,仪器悬挂离罐底1.5 m处;洗涤车间检测点分别设置在洗涤作业区、烘干作业区、整烫作业区、干洗作业区,每个区域选择3个检测点,测量高度为1.5 m。检测日内测量3次,分别为工作开始后和结束前1 h,工作中测1次。

炉前工及锻工作业为受热不均匀作业岗位。高温检测点选择在作业者头部、腹部和踝部3个不同高度水平测定,定向辐射热选择头部、胸部、大腿3个不同高度水平测定。检测日内测量3次,分别为工作开始后和结束前1 h,工作中测1次。

1.4 统计学分析

将各岗位2005—2009年温差、2010—2014年WBGT指数输入SPSS 15.0,建立数据库。每年各岗位数据进行正态检验,均符合正态分布。对2005—2009年各岗位温差、2010—2014年WBGT指数进行完全随机设计的单因素方差分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 2005—2009年各岗位温差及高温作业分级情况

上海夏季室外通风设计计算温度为32℃,夏季室内工作地点与室外温差限值为3℃。从表1可以看出,炉前、洗涤、烘干、干洗作业岗位均不属于高温作业岗位。洗罐作业岗位高温作业分级为Ⅳ级,锻工作业岗位为Ⅰ~Ⅱ级,整烫作业岗位为Ⅱ~Ⅲ级。除洗罐作业岗位2005—2009年温差变化无统计学意义($P>0.05$)外,其余作业岗位2005—2009年温差变化均有统计学意义($P<0.05$)。

2.2 2010—2014年各岗位WBGT指数及高温作业分级情况

从表2可以看出,各检测岗位均属于高温作业岗位。洗罐作业岗位高温作业分级为Ⅳ级,锻工作业岗位为Ⅱ~Ⅲ级,整烫作业岗位为Ⅱ~Ⅲ级,炉前、洗涤、烘干、干洗作业岗位为Ⅱ级。各岗位2010—2014年WBGT指数变化均有统计学意义($P<0.01$)。

表1 2005—2009年各岗位温差及高温作业分级($\bar{x} \pm s$, $n=9$)

作业 岗位	2005年		2006年		2007年		2008年		2009年		温差方差分析	
	温差 (℃)	高温作业 分级	温差 (℃)	高温作业 分级	温差 (℃)	高温作业 分级	温差 (℃)	高温作业 分级	温差 (℃)	高温作业 分级	<i>F</i>	<i>P</i>
洗罐	19.3 ± 1.0	Ⅳ	18.9 ± 0.7	Ⅳ	19.6 ± 0.8	Ⅳ	19.0 ± 0.4	Ⅳ	18.9 ± 0.8	Ⅳ	1.305	>0.05
炉前	2.5 ± 0.2	—	2.4 ± 0.3	—	2.3 ± 0.2	—	2.3 ± 0.2	—	2.6 ± 0.2	—	4.323	<0.01
锻工	3.4 ± 0.2	Ⅰ	3.5 ± 0.2	Ⅰ	3.1 ± 0.1	Ⅰ	3.6 ± 0.2	Ⅰ	4.5 ± 0.2	Ⅱ	54.880	<0.01
洗涤	2.3 ± 0.2	—	2.2 ± 0.2	—	2.2 ± 0.2	—	2.1 ± 0.2	—	2.6 ± 0.2	—	4.876	<0.01
整烫	3.2 ± 0.3	Ⅱ	4.1 ± 0.3	Ⅲ	3.1 ± 0.2	Ⅱ	3.2 ± 0.2	Ⅱ	3.1 ± 0.3	Ⅱ	26.690	<0.01
烘干	2.5 ± 0.2	—	2.4 ± 0.2	—	2.5 ± 0.2	—	2.5 ± 0.1	—	2.7 ± 0.1	—	3.169	<0.05
干洗	1.9 ± 0.2	—	2.1 ± 0.2	—	2.0 ± 0.2	—	2.2 ± 0.3	—	2.4 ± 0.2	—	8.034	<0.01

[注] 炉前作业位单项辐射热强度均值为0.52kw/m², 锻工作业位单项辐射热强度均值为1.86kw/m², 未超过2kw/m², 不影响高温作业分级。

表2 2010—2014年各岗位WBGT指数及高温作业分级($\bar{x} \pm s$, $n=9$)

作业 岗位	2010年		2011年		2012年		2013年		2014年		WBGT方差分析	
	WBGT (℃)	高温作业 分级	WBGT (℃)	高温作业 分级	WBGT (℃)	高温作业 分级	WBGT (℃)	高温作业 分级	WBGT (℃)	高温作业 分级	<i>F</i>	<i>P</i>
洗罐	41.3 ± 0.4	Ⅳ	41.3 ± 0.3	Ⅳ	41.2 ± 0.4	Ⅳ	42.4 ± 0.7	Ⅳ	41.9 ± 0.3	Ⅳ	11.09	<0.01
炉前	31.2 ± 0.4	Ⅱ	31.1 ± 0.4	Ⅱ	31.2 ± 0.4	Ⅱ	33.2 ± 0.3	Ⅱ	30.1 ± 0.5	Ⅱ	75.86	<0.01
锻工	34.2 ± 0.3	Ⅱ	33.9 ± 0.2	Ⅱ	33.7 ± 0.3	Ⅱ	37.4 ± 1.2	Ⅲ	33.0 ± 0.3	Ⅱ	72.73	<0.01
洗涤	30.9 ± 0.2	Ⅱ	31.1 ± 0.2	Ⅱ	30.6 ± 0.3	Ⅱ	32.5 ± 0.7	Ⅱ	31.3 ± 0.3	Ⅱ	30.20	<0.01
整烫	32.6 ± 0.3	Ⅲ	32.2 ± 0.3	Ⅱ	32.5 ± 0.6	Ⅲ	35.7 ± 1.2	Ⅲ	32.5 ± 0.5	Ⅲ	42.02	<0.01
烘干	32.0 ± 0.2	Ⅱ	31.9 ± 0.3	Ⅱ	31.3 ± 0.2	Ⅱ	34.0 ± 0.4	Ⅲ	31.7 ± 0.3	Ⅱ	130.70	<0.01
干洗	31.5 ± 0.4	Ⅱ	31.8 ± 0.2	Ⅱ	30.6 ± 0.3	Ⅱ	33.2 ± 0.4	Ⅱ	31.1 ± 0.3	Ⅱ	75.36	<0.01

3 讨论

温差除可反映自然高温天气带来的影响外, 同样能反应生产工艺形成的热环境特点以及高温作业防护设施或设备的防护效果。例如本调查显示油罐车室内外温差高达20℃左右, 和洗罐车采用蒸洗法工艺有关; 如采用清洗法, 则温差仅为3.3℃^[10]。洗罐作业岗位2005—2009年温差无统计学意义($P>0.05$)可能和油罐车由于工艺特点造成的温差变化量大有关, 每年高温天气带来的温度变化对油罐车室内外温差无明显影响。

WBGT指数综合考虑空气温度、湿度、风速和辐射热4个因素, 是综合评价人体接触作业环境热负荷的一个较好的指标。在作业现场生产条件稳定的情况下, 生产环境因素是相对稳定的, 自然环境因素是影响高温作业热环境强度变化的主要因素, 有调查发现WBGT指数与气温变化呈正相关^[11-12]。高温作业热环境检测虽然都是在每年夏季最热月份进行, 但即使是同一年不同天气情况下的气温也有差异, 会带来WBGT指数的变化, 本调查结果显示各岗位2010—2014年WBGT指数变化差异有统计学意义($P<0.01$)。用WBGT指数判定的高温作业分级, 会随高温天气情况波动。从表1、表2可以看出, 用WBGT指数进行高温作业分级级别往往高于用温差进行分级的级别。在

高温天气, 即使在不产生热源的生产岗位, WBGT指数也可能大于或等于25℃; 因此在高温作业指导管理过程中, 仅用WBGT指数作为高温作业热环境评价指标, 对高温作业岗位、高温作业人数的确定及高温作业分级的判定带来困难。

WBGT指数能够比较真实地反映作业工人所接触的实际热负荷, 而温差可反映生产性热源对高温热环境的“贡献”大小及防暑降温设施或设备的效果。全面、综合地了解高温作业环境的形成因素和实际接触情况, 才能对高温季节高温作业级别进行科学的评价。建议利用WBGT指数作高温综合评价指标的同时, 掌握当地高温季节自然气象条件, 同时检测作业岗位室内外温差, 分析高温形成的因素, 有针对性地指导防暑降温工作, 有效保护劳动者生命安全及健康。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

[1] 谷春, 张绪春, 宿文革. 浅谈我国职业卫生标准中的高温作业热环境评价指标[J]. 中国工业医学杂志, 2011, 24(3): 236-237.

[2] 谷春, 宿文革, 赵红伟, 等. 两种高温作业测定方法结果的对比研究[J]. 上海预防医学杂志, 2007, 19(6): 302-304.

[3] 国家技术监督局. GB/T 934—1989 高温作业环境气象条件 (下转第952页)

大,加之企业主和管理人员自身对职业卫生工作重视度不足,可能造成企业自身职业卫生工作的缺失。此外,近年来该区企业劳动者以农民工为主,其流动性大,学历低,职业安全意识较差。这些是新形势下的新职业卫生问题。今后的职业卫生工作应转变思路,探索转型过程中所面临新问题,加强重点行业、重点企业、重点职业病的防控工作,切实保护劳动者健康。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.国家卫生计生委等4部门关于印发《职业病分类和目录》的通知[EB/OL].(2013-12-23).[2015-01-01].<http://www.nhfpc.gov.cn/zhuzhan/wsbgmz/201312/3abbd667050849d19b3bf6439a48b775.shtml>.
- [2] 国家质量监督检验检疫局,国家标准化委员会.GB/T 4754—2011 国民经济行业分类[S].北京:中国标准出版社,2011.
- [3] 杜艳菊,王春红.上海市奉贤区2000—2006年职业病发病情况分析[J].环境与职业医学,2008,25(5):484-486.
- [4] 王桂敏,姜永根,汤宇斌,等.2000至2009年上海市松江区职业病状况分析[J].环境与职业医学,2010,27(11):677-682.
- [5] 温贤忠,李旭东,黄永顺,等.2006—2010年广东省新发职业病病谱分析[J].中国职业医学,2014,41(2):157-162.
- [6] 彭娟娟,周泽深,王飞云,等.黑刚玉致铅尘肺75例的临床研究[J].中华劳动卫生职业病杂志,2005,23(4):286-289.
- [7] 彭娟娟,吴世达,江伟良.上海市1949—2004年尘肺病发病情况研究[J].环境与职业医学,2006,23(3):220-223.
- (收稿日期:2015-01-28)
- (英文编辑:汪源;编辑:张晶;校对:葛宏妍)
- (上接第947页)
- 测定方法[S].北京:中国标准出版社,1989.
- [4] 中华人民共和国卫生部.GBZ 2—2002 工作场所有害因素职业接触限值[S].北京:人民卫生出版社,2002.
- [5] 中华人民共和国卫生部.GBZ 1—2002 工业企业设计卫生标准[S].北京:人民卫生出版社,2002.
- [6] 国家技术监督局.GB 4200—84 高温作业分级[S].北京:中国标准出版社,1984.
- [7] 中华人民共和国卫生部.GBZ/T 189.7—2007 工作场所物理因素测量 第七部分 高温[S].北京:人民卫生出版社,2007.
- [8] 中华人民共和国卫生部.GBZ 2.2—2007 工作场所有害因素职业接触限值 第2部分:物理因素[S].北京:人民卫生出版社,2007.
- [9] 中华人民共和国卫生部.GBZ/T 229.3—2010 工作场所职业病危害作业分级 第3部分:高温[S].北京:人民卫生出版社,2010.
- [10] 王化玲,张遂柱,吕宝良.洗罐工夏季高温作业热强度和热负荷评价[J].现代预防医学,2007,34(23):4494-4495.
- [11] 陈荣,熊亚丽,程正泉,等.广州地区WBGT指数检测与特征分析[J].广东气象,2010,32(4):67-69.
- [12] 吴喜江,祁光伟.热辐射对高温作业岗位的影响[J].职业与健康,2006,22(19):1555-1556.
- (收稿日期:2014-10-15)
- (英文编辑:汪源;编辑:洪琪;校对:葛宏妍)

更正

本刊2015年第32卷第9期876页页面脚注处[作者简介]张晓丹(1981—),女,应将性别“女”改为“男”,同时补充该文通信作者:“[通信作者]李小燕,E-mail: lxy603@sohu.com”。特此更正,并向本文作者及广大读者致歉。