

我国造船焊接生产环境与安全的思考

宋永伦

(中国焊接学会 焊接环境、健康与安全专业委员会,甘肃 兰州 730050)

摘要:电弧焊接是船舶制造中的基础工艺之一,对操作人员长期暴露在焊接烟尘、有害气体、噪声及电磁等环境下可能危害健康的问题一直是各级政府部门和各界专业人士的关注重点。近年来,随着科学技术的发展和“以人为本”理念的日益深化,亟需以安全生产法、职业病防治法以及国家的有关标准与规定为指导,广泛宣传电弧焊接环境下的安全知识,加大力度开展焊接生产环境监测与评估的工作,采取积极、有效的防护措施,应成为构建和谐社会和可持续发展的一项重要任务。

关键词:焊接;造船;环境;安全

中图分类号:T-1-1;TG408

文献标识码:C

文章编号:1001-2303(2007)06-0092-06

Thought of manufacture environment and safety of shipbuilding welding

SONG Yong-lun

(Welding Environment, Health and Safety Committee of Chinese Welding Society, Lanzhou 730050, China)

Abstract: The arc welding is one of the basic technology of shipping manufacture, the problems may be harm for the health of operators, who are exposed to the environment of welding fume, noxious gas, noise and electromagnetism for a long time, are always being paid attention by all government departments and professionals. In recent years, along with the development of science and technology and increasingly deepening of the idea about 'Human-Oriented', we need to take the Production Safety Law, Prevention and Control of Occupational Diseases Law and related national standards and regulations as instruction, widely propagandize the safety knowledge under the arc welding environment, put more effort on developing the supervision and appraisal work of welding production environment, and positively take the effective and protective measures to construct the harmonious society and keep the sustainable development.

Key words: welding; shipbuilding; environment; safety



宋永伦

宋永伦(1952—), 1983年毕业于华南工学院机械工程系焊接专业, 1990年在天津大学获焊接博士学位。1990~2002年在华南理工大学工作。1993年起获得政府特殊津贴。1995年4月聘任为教授, 1998年12月被批准为博士生导师。现为北京工业大学教授, 中国机械工程学会高级会员, 中国焊接学会熔焊与自动化专业委员会委员, 环境、健康与安全专业委员会副主任。主要研究方向是焊接物理, 焊接自动化及过程质量监控等。

0 前言

对焊接环境安全性的研究工作可追溯到20世纪20年代, 当时主要考虑氮氧化物气体对焊工的有害影响。自20世纪30年代开始研究焊接烟尘, 近二、三十年来, 焊接烟尘对人体健康影响的研究重点已移向长期效应上。据估计, 目前全世界焊接工作的从业人员超过一百万, 社会各界对焊接过程产生的有

害物质对焊工身体健康的影响越来越关注。职业病学研究已显示焊工为呼吸道疾病的高发人群, 报道的疾病涉及呼吸道受刺激、支气管炎、金属热、肺炎、呼吸功能改变及癌症等。例如, 六价铬、镍及镍的氧化物等在其他行业中已被证实是致癌的, 在焊接领域, 亦早在20世纪60年代就证实了不锈钢的焊接烟尘中含有Cr VI; 医学界也已显示了从事低碳钢、



不锈钢焊接的工人患癌症(主要是肺癌)的风险比对照人群高出30%。美国 OSHA(the Occupational Safety and Health Administration, 职业安全与健康管理局)及 ACGIH(the American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 工业卫生医师大会)已建议应降低焊接烟尘中 Ni、Mn 及 CrVI 的容许极限。这一容许浓度值的降低亦促使了世界各地焊接及职业病防护工作者对焊接烟尘问题研究及其认识的深入。

电弧焊接是船舶制造的基础工艺之一,在我国有数以万计的造船工人正从事第一线的焊接操作,因此,包括焊工在内的相关生产人员不可避免地处于焊接过程所产生的烟尘、有害气体、噪声以及电磁辐射等对健康造成危害的环境中。本研究针对船舶焊接的特点及其职业风险和相应的防护问题作一讨论,以促进我国的造船焊接技术朝着绿色、环保、和谐的方向发展。

1 造船焊接生产环境下的职业风险分析

1.1 焊工尘肺

焊工尘肺是指由于长期吸入超过规定浓度的电焊烟尘引起肺组织弥漫性纤维化的疾病。由于长期吸入超过允许浓度的以氧化铁为主,并有无定型二氧化硅、硅酸盐、锰、铁、铬以及臭氧、氮氧化物等混合性尘肺。主要表现为呼吸系统症状,有气短、咳嗽、咯痰、胸闷、胸痛、咯血、全身无力等症状,患病后将逐步丧失劳动力并终身致残。目前,全国报告的职业病发病数中,尘肺病占了80%,是我国最主要的职业病,亦是目前世界上尘肺病患者最多的国家。其中,电焊工尘肺的最短发病工龄为7年,平均发病工龄为20~30年左右,焊工尘肺病的比例排列在煤矿工和铸造工之后的第三位^[1]。

在造船生产环境下,焊工尘肺是多见的职业病。船舱内及狭窄空间内进行焊条电弧焊和气体保护焊时,焊接烟尘浓度会高达 100 mg/m^3 以上,在有些通风不良的条件下甚至高达 800 mg/m^3 。这样恶劣的工作条件对焊接人员的身体健康构成了严重的威胁。20世纪80年代中期,由中国船舶工业总公司发起,中国预防医学科学院、大连造船厂、江南造船厂等六家单位组成了电焊尘肺科研协作小组,对焊工尘肺的发病原因进行了迄今为止最为系统的调研。通过对发病情况的调查、临床研究及动物试验,特别是通过对因患电焊工尘肺而死亡的电焊工尸检分析,确认长期吸入结422和结507焊条等的电

焊烟尘之后,影响人体的呼吸机能,并引起肺组织纤维化,损伤电焊工的身体健康和劳动能力。因此,1987年11月5日卫生部、劳动人事部、财政部及中华全国总工会在联合发出的《关于修订颁发职业病范围和职业病处理办法的规定》中,将“电焊工尘肺”正式定为职业病。近年来,我国电焊工尘肺的发病率呈上升趋势。据中国疾病预防控制中心职业卫生控制所2005年10月发表的《2003年全国尘肺报告发病情况分析》,2003年各地确认报告的“电焊工尘肺”患者人数为198人。而实际患者肯定大于此数,这再一次为我们敲响了警钟。

近几年来,铝合金船的建造日趋增多,铝合金材料亦在诸多行业中得到广泛的采用。一向被认为是无毒的铝合金对环境的污染及对人类健康的危害却一直未能得到足够的重视。职业病长期临床研究的结果表明,一定浓度的铝尘吸入人体后能长期滞留体内而引起尘肺的迟发,长期接触 Al_2O_3 铝尘作业工人在已脱离粉尘作业10余年后才诊断出铝尘肺病^[2]。铝合金MIG焊生产过程中产生的铝尘和 Al_2O_3 烟尘被人体吸入后与酸性体液反应会生成最具毒性的 Al^{3+} 离子,可引起老年性痴呆患者脑内神经原纤维缠结,用电子显微镜观察到,震颤麻痹患者的神经元中铝含量比正常人高出2~4倍。另外,不锈钢化学品船的建造当前已在国内盛行并批量生产外销,也带来了六价铬化物、氧化镍等有毒物质危害性的高度忧虑。

1.2 有害气体的危害

目前我国造船系统中, CO_2 气体保护焊占全部焊接工作量的比例在集装箱行业已超过90%,部分骨干造船厂已超过60%。众所周知, CO_2 气体保护焊过程中产生的一氧化碳,主要来源于二氧化碳在电弧高温下的分解。一氧化碳与人体血液中输送氧气的血红蛋白具有极大的亲和力,所以一氧化碳经肺泡进入血液后,便很快与血红蛋白结合成“碳氧血红蛋白”,使血红蛋白失去正常的携氧功能,造成人体组织缺氧而引起中毒。因此,随着造船焊接中 CO_2 气体保护焊的广泛应用,必须关注 CO_2 气体保护焊的职业危害与防护问题。

上海沪东中华造船集团公司曾对 CO_2 气体保护焊作业现场进行了数据测定,在不通风的条件下,不但电焊烟尘浓度超标,而且一氧化碳浓度达到 64.20 mg/m^3 ,已超过卫生标准规定的最高容许浓



2007 IFWT
Shanghai China

船舶焊接国际论坛大会主讲报告

度 30 mg/m^3 一倍以上。而且随着工作时间的延长,一氧化碳浓度可能上升到 100 mg/m^3 以上,检查电焊工血液中的“碳氧血红蛋白”已接近一氧化碳轻度中毒的范围。而采取 0.5 m/s 风速的通风措施后,电焊烟尘和二氧化碳浓度都达到国家卫生标准规定的容许浓度范围。所以在 CO_2 气体保护焊时,必须采取通风防护措施。

其他两种常见的“焊工锰中毒”和“焊工金属热”职业病,在药芯焊丝、镀层板材等用量日益增多的情况下,亦成为不可低估的危害因素。长期吸入超过允许浓度的锰及其化合物的电焊烟尘则可造成锰中毒,锰的化合物和锰尘可通过呼吸道和消化

道浸入机体。焊工锰中毒发病很慢,大多数接触 3~5 年以后,甚至可达 20 年才逐渐发病。表现为乏力,时常头痛、头晕、失眠、记忆力减退,以及植物神经功能紊乱,如舌、眼睑和手指的细微颤等,中毒进一步发展时,走路左右摇摆或前冲后倒,书写振颤不清等神经精神症状均更明显;焊接金属烟尘中直径在 $0.05\sim 0.5 \mu\text{m}$ 的氧化铁、氧化锰微粒和氟化物等,极易通过上呼吸道进入末稍细支气管和肺泡,再进入体内,引起焊工金属热反应。主要症状是工作后发烧、寒战、口内有金属味、恶心、食欲不振乏力等。其他有毒气体的来源及危害列于表 1 中。表 2 为车间空气中有害物质的最高容许浓度。

表 1 焊接的有毒气体来源和危害

气体名称	来源	危害
臭氧	空气中的氧在焊接电弧辐射短波紫外线的激发下,大量地被破坏,生成臭氧($\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}; 2\text{O}_2 + 2\text{O} \rightarrow 2\text{O}_3$)。臭氧是一种刺激性有毒气体,呈淡蓝色,我国卫生标准规定,臭氧最高允许浓度为 0.3 mg/m^3 。	臭氧对人体的危害主要是对呼吸道及肺有强烈刺激作用。臭氧浓度超过一定限度时,会对呼吸系统造成伤害。
氮氧化物	由于焊接电弧的高温作用,引起空气中氮、氧分子离解、重新结合而形成的。明弧焊中常见的氮氧化物为二氧化氮。氮氧化物也是属于具有刺激性的有毒气体。二氧化氮是红褐色气体。我国卫生标准规定,氮氧化物(换算为 NO_2)的允许最高浓度为 5 mg/m^3 。	主要是对肺有刺激作用。会对呼吸系统造成伤害。
一氧化碳	各种明弧焊都产生一氧化碳有害气体,但其中以二氧化碳保护焊产生的 CO 浓度最高,主要来源是由于 CO_2 气体在电弧高温作用下发生分解而形成: $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{O}$ 。	CO 对人体的毒性作用是使氧在体内的运输或组织利用氧的功能发生障碍,造成缺氧,表现出缺氧的一系列症状和体征。
氟化氢	氟化氢主要产生于焊条电弧焊。在低氢型焊条的药皮内通常都含有。	对呼吸道和肺组织有刺激作

1.3 噪声的危害

造船焊接生产中的噪声来源于装配、切割、电弧气刨、风铲铲边、焊缝清理、变形矫正等操作。噪声对人体的影响和危害是多方面的,不仅使人们的听觉器官受损,还对人体的神经系统、心血管系统等产生不的影响。职业病学的研究表明,在 80 dB 以下职业性噪声暴露时,一般不致引起噪声性耳聋;在 85 dB 以下可造成轻微的听力损伤;在 $85\sim 90 \text{ dB}$ 会造成少数人的噪声性耳聋;在 $90\sim 100 \text{ dB}$ 时造成一定数量人的噪声性耳聋;在 100 dB 以上会造成相当数量人的噪声性耳聋;在人突然暴露于 150 dB 的噪声环境下,听觉器官将会发生急性外伤(耳膜破裂),造成双耳完全失听。

噪声性耳聋的特点是慢性发病,除高声度外,一般噪声性耳聋都需要一个持续积累的过程;但它是不能治愈的,一旦耳聋,便无法康复。噪声对人体健康的其他危害作用有:

(1)对中枢神经系统的危害。噪声作用于人的神

经系统,使人的基本生理过程——大脑皮层兴奋和抑制平衡失调,致使条件反射异常。

(2)对心血管系统的危害。噪声可使交感神经紧张,从而使心跳加快,心律不齐,血压波动,心电图 T 波升高或缺血型改变,传导阻滞,血管痉挛等现象;噪声作用于植物神经系统,会使末稍血管产生收缩现象,血管收缩时,心脏排血量减少,舒张压增高。

(3)对消化系统的危害。长期接触噪声,会使人们消化系统功能紊乱,引起肠胃机能阻滞,使消化液分泌异常,造成消化不良、食欲不振、体质减弱、肌无力、消瘦等现象。

(4)对视觉器官的危害。噪声对人的眼睛会引起眼痛、视力减退、眼花等症状,会造成视力清晰度减低,会使劳动生产率下降,不可能出事故。

(5)降低劳动生产率,在喧闹的环境里,会使人们心情烦躁、分散注意力、工作极易疲劳、反应迟钝,从而大大降低工作效率。



表2 车间空气中有害物质的最高容许浓度

有害物质名称	最高容许浓度 /mg·m ⁻³	有害物质名称	最高容许浓度 /mg·m ⁻³
电焊烟尘	6	锰及其化合物(换算成 MnO ₂)	0.2
含(质量分数)10%以上游离 SiO ₂ 的粉尘	2	铍及其化合物	0.001
含(质量分数)10%以下游离 SiO ₂ 的粉尘(珍珠岩、砂轮磨尘、碳化硅、重晶石、硅灰石)	10	三氧化铬、铬酸盐、重铬酸盐 (换算成 CrO ₃)	0.05
含(质量分数)80%以上游离二氧化硅的粉尘	1	钡及其化合物	0.5(推荐值)
氧化铁粉尘	10	金属汞	0.01
铝、铝合金粉尘/氧化铝	4/6	氟化氢及氟化物(换算成 F)	1
氧化锌	5	臭氧(O ₃)	0.3
铅烟	0.03	氮氧化物(换算成 NO ₂)	5
铝合金、含铅漆料铅尘	0.05	一氧化碳(CO)	30
二氧化硫(SO ₂)	15	苛性碱(换算成 NaOH)	0.5
甲醇	50	丙酮	400
苯	40	溶剂汽油	300
含(质量分数)20%以上游离 SiO ₂ 的萤石混合性粉尘	2	含(质量分数)10%以下游离 SiO ₂ 的石墨粉尘	6
含(质量分数)10%以下游离 SiO ₂ 硅的云母粉尘	4	含(质量分数)50%~80%游离 SiO ₂ 的粉尘	1.5
活性炭	10	二氧化钛	10
铜烟	0.2	铜尘(以铜计算)	1
砷及其无机化合物(以 As 计)	0.015	钴及其氧化物(以钴计算)	0.1
金属钒、钒铁合金、碳化钒	1	镍及其无机化合物	1
钒及其化合物(换算成钒) 钒化合物尘	0.1	(按 Ni 计) 金属镍与难溶性镍化合物	1
钒化合物烟	0.02	可溶性镍化合物	0.5
大理石	10	二氧化碳	18 000
二氧化锡	2	氧化镁(烟)	10
含(质量分数)10%以下游离 SiO ₂ 的稀土粉尘	5	硒	0.1
钨	6	凝聚二氧化硅粉尘	3
汞	0.02	石灰石	10
白云石	10	氧化钙	5

噪声性耳聋是很难治疗的一种疾病,所以个人防护是最积极的办法。在噪声环境中焊接、装配等操作人员应使用耳塞、耳罩、隔音帽等防护用具,即使在外耳道内塞以棉花亦能起到一定的防声作用。

1.4 电磁辐射——隐形危害

电磁辐射对人体的作用和影响即对生命过程的影响。电磁场和电磁波作为一种物质形态主要用场强分布、频率、波长、波形、功率密度和作用时间等参数描述。焊接过程中所产生的电磁场是时变电场,当电磁波频率约在 100 kHz 以下(<100 kHz)时对生物体的作用主要以感应或传导的方式进行的。在这一区域中,感应电流和电场可以直接刺激神经

和肌肉并引起神经和肌肉的痉挛和颤动,但并不发热。神经和肌肉的紧张状态主要是由磁场引起,磁场的磁通密度(磁感应强度 B)变化率和感应电流回路半径决定了体内感应电流密度。该频段电磁场之所以能够产生显著的生物效应,是因为心电、脑电和肌电(及衍生的磁)节律都落在此范围内,容易产生相干的和协同的频率效应。当感应电流密度过高时会引起电击刺激并可能造成心脏、大脑的永久性损伤。焊接生产环境还具有其自身的三个特点:

(1)由于焊接电源的数量、位置以及现场铁磁材料的存在,造成电磁场强度分布的不均匀性。

(2)焊接操作人员的姿态、大功率导电电缆接近



2007 IFWT
Shanghai China

船舶焊接国际论坛大会主讲报告

身体的程度以及工作过程与电磁发射源之间相对位置的变化。

(3)由于焊接操作人员的工作长期性及焊接环境相对固定的特点,使电磁辐射对操作者的时间累积效应的认识还需要进一步深入。

国际非电离辐射防护委员会(ICNIRP)已经于1994年和1998年分别颁布了各类人员在静态电磁场和时变电磁场环境下暴露的极限值准则,该准则确定了基本限制(basic restrictions)的建议值,以防止电磁辐射环境对人身健康所造成的不利影响。欧洲电工标准化委员会(CENELEC)于2004年规定了焊接作业人员的电磁安全防护标准,并提出了相应的测试和计算方法。目前欧盟成员国已经部分实施了该标准。

船厂焊接工人作业时通常距离焊枪线缆都较近,输出线缆周围的时变磁场直接作用于人体并且将对人身安全构成威胁,成为弧焊过程中的主要电磁辐射源。对电磁辐射所造成的污染,如同三废、噪声等污染的治理一样,需要提出符合中国国情的、便于实际工业环境与生产现场检测、评估的实施方法,进而建立我国焊接行业电磁安全防护标准。

2 对焊接生产环境与安全现状的讨论

1999年全世界因职业危害死亡的人数约110万人,超过同年因交通、战争、暴力等的死亡人数。工伤及各种职业病造成的死亡人数所占的比重如图1所示,其中因职业导致的疾病中癌症居第一位,其次为工伤和呼吸性疾病。在工业发达国家,传统的职业危害因素及所致的职业病(如尘肺病、化学中毒、噪声性听力损伤等)已退居次要地位,因心理压力、工作负荷重引发的职业病(如美国约有40%,雇员人数高达1.3亿)则越来越多。然而随着制造业的全球化及其形式的转移,我国职业危害状况情况已十分严峻,无论从接触职业危害人数、职业病患者累积数量、死亡数量和新发现病人数量,都居世界首位。

2.1 焊接生产劳动环境的卫生标准

各主要工业发达国家提出了各种有害物质不得超过标准规定的允许值,即“容许浓度(TLV)”又称“阈限值”。如TLV(Threshold Limit Values),由美国工业卫生医师大会ACGIH(the American Conference of Governmental Industrial Hygienists)规定的质量标准,其含义是每周工作5天、每日工作8h时,作业环

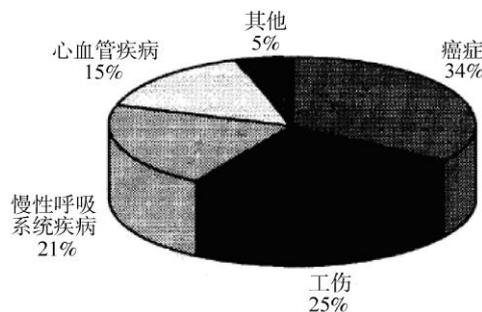


图1 工伤及各种职业病造成的死亡人数所占比重(国际劳工组织1999年的统计报告)

境所能允许的不致伤害人体健康的有害物质时间加权平均浓度(允许各次测定值有上下波动)。ACGIH关于总的焊接烟尘的容许浓度为 5 mg/m^3 。英国使用两类标准,OES'S(Occupational Exposure Standads)及MEL'S(Maximum Exposure Limits)。OES'S考虑的是健康标准,是要保证安全的工作条件。MEL'S是针对那些毒性更大的物质,除了健康的标准之外,还考虑了实用性及社会经济因素。如焊接烟尘的OES'S为 5 mg/m^3 ,但有些组分如CrVI的MEL'S为 0.05 mg/m^3 ,在总的焊接烟尘质量达标的同时,组分的质量要求也要达到。我国采用“最高容许浓度(MAC)”,其含义是指工作地点空气中有害物质在长期多次有代表性的采样测定中,均不允许超过的数值。车间空气中电焊烟尘卫生标准(GB16194-1996)中规定总的焊接烟尘的最高容许浓度为 6 mg/m^3 。另外,焊接烟尘粒子尺度范围可达 $10^{-3}\sim 10^2\text{ }\mu\text{ m}$ 5个量级,但发生几率较高的还是 $0.01\text{ }\mu\text{ m}$ 量级的粒子。能通过人体上呼吸道,进入肺部,对人体影响最大的粒子尺度是 $0.1\sim 1\text{ }\mu\text{ m}$,因此,对 $0.01\sim 1\text{ }\mu\text{ m}$ 范围的焊接烟尘粒子是防护的重点。

由于焊接烟尘的成分原则上90%是取决于焊接耗材,仅少部分来源于母材。但不同的焊接方法对焊接烟尘成分的影响很大。从各类焊丝在焊接过程产生烟尘量排序(从小到大)看:埋弧焊丝最小;氩弧焊丝其次;涂药焊丝(电焊条)居第三位; CO_2 实芯焊丝居第四位; CO_2 药芯焊丝居第五位;自保护药芯焊丝的烟尘量最大。然而,尽管药芯焊丝具有生产效率高、焊接质量好、焊接成本低等优点,但仍有不少业内专家对环保型焊丝发展趋势提出新观点,认为实芯焊丝在最近10年会比药芯焊丝有更大的发展,并随着我国冶金技术和生产力的大发展,实芯焊丝品种少的局面将被迅速扭转。

为消除电焊烟尘对人体健康的危害,最有效的

防护措施仍是加强焊接工作场所的通风除尘工作。包括车间整体通风、狭窄工作区间的通风换气和焊接工位的抽烟排尘等。由中国预防医学科学院劳动卫生研究所等单位经大量调查和试验研究后,按照在卫生标准规定的“电焊烟尘浓度”环境中工作30年,电焊工尘肺的发病率不大于千分之五的要求,制定的国家标准《车间空气中电焊烟尘卫生标准(GB16194—1996)》,规定车间空气中电焊烟尘最高容许浓度的含量不得大于6mg。这是检查车间内通风排尘是否合格的惟一标准。据调查目前不少焊接车间都达不到这一要求。

2.2 焊接环境与安全的保障体系

从发达国家的经验看,安全科技必须有所超前,从而可以保障和促进安全生产水平的提高。我国安全科技水平与工业发达国家相比差距甚大,安全文化相对落后,使大多数企业的安全风险意识淡薄,安全科技知识和事故防范及应急技能不足,多年来一直在较低水平徘徊、进步缓慢,这也是造成我国焊接职业病高发的根本原因之一。

再者,由于从事危险行业的往往是简单劳动和竞争最激烈的行业,市场竞争激烈就必须压低成本,压低成本就要减少安全投入、降低成本。近年来在某些沿海地区的“造船热”,使一片片滩涂变成一个个“造船基地”,所谓“租一块滩涂,买一堆废旧钢,雇一群民工,焊一个船壳。”这是对违规建造船舶的形象说法。据国防科工委船舶行业管理办公室统计,中国内地目前共有各类船舶制造企业约三千家,规模以上造船企业仅四百余家,总体呈企业数量偏多、水平较低、小而散的局面,相当数量的中小型造船企业普遍存在生产硬件条件差、技术和管理水平落后、职业安全和技术培训体系不完善、质量意识淡薄等问题。一些单位和个人受利益驱使,无视法规,挺而

走险,阻碍安全技术措施落实,对重大事故隐患视而不见,久拖不改,致使事故时有发生。

因此,造船焊接作为焊接制造中的一个重要组成部分,应大力开展关于焊接环境与安全的保障工作,依靠政策法规,依靠科技进步和科学管理,打造出一片焊接环境与安全的蔚蓝空间。

3 结论

安全文化是现代工业文明的产物,是工业文化必不可少的重要组成部分,尤其是对构建和谐及可持续发展具有十分重要的现实意义。在回顾、陈述我国焊接制造行业环境与安全状况的同时,对我国的焊接界及相关行业人士支持并积极参与对该问题的研讨寄予热切的期盼。在此,对长期工作在焊接安全与职业防护领域的同仁,对不断为焊接环境与安全的提供研究进展、现场数据和案例等资料的科研与技术人员表示深深的感谢和敬意。

参考文献:

- [1] 唐伯钢.焊接劳动卫生的发展概况及电焊烟尘、电焊弧光的危害与防护,冶金部建筑研究总院焊接室,1983.
- [2] 候瑞玺,毛宗数.五例电焊工尘肺病理分析,H-VIII-001-90,第六届全国焊接学术会议论文,1990.
- [3] 李兆明.电焊尘肺病因学的调查与研究,H-VIII-003-90,第六届全国焊接学术会议论文,1990.
- [4] 尚波,傅恩惠.1989~2004年淄博市职业病回顾性调查[J].工业卫生与职业病,2006,32,(6):360-363.
- [5] 杜守明.大连造船厂船体车间486名电焊工体检结果分析,H-VIII-014-93,第七届全国焊接学术会议论文,1993.
- [6] 唐伯钢.焊接职业危害与防护[J].机械工人(热加工)2006(8):12-16.
- [7] 栗卓新.焊接烟尘的影响因素及净化措施[J].机械工人(热加工),2006(8):19.
- [8] 梁卫东.铝合金MIG焊过程中的烟尘危害和防护[A].钢结构焊接国际论坛[C].北京:机械工业出版社,2006.

收稿日期:2007-06-06



2007 IFWT
Shanghai China

船舶焊接国际论坛大会主报告