

第六届全国焊接学术会议 论文选集

第 6 集

1990 年 5 月 8 日至 12 日 西安

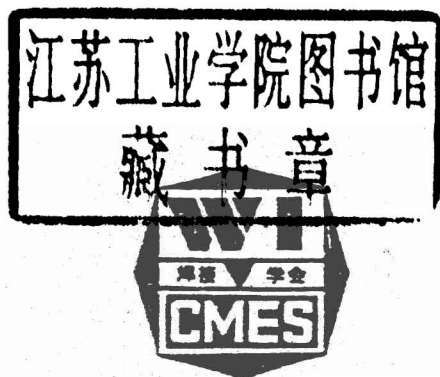


中国机械工程学会焊接学会

第六届全国焊接学术会议 论文选集

第 6 集

1990 年 5 月 8 日至 12 日 西安



中国机械工程学会焊接学会

经各专业委员会评审的 A 类论文 468 篇，其中 12 篇论文放弃刊登，《第六届全国焊接学术会议论文选集》共收集了 456 篇 A 类论文，分七集出版。除大会发言专题报告安排在第一集外，其它各集所包括的专业委员会如下：

第一集：I_a、I_b、XVII

第二集：IX_a

第三集：II、V、IX_b

第四集：X、XV

第五集：I_c、XII、XVIII、XIX

第六集：VIII、XII_a、XII_b

第七集：III_a、III_b、III_c、IV_a、IV_b、IV_c、IV_d、XI、XIV、XVI

目 录

五例电焊工尘肺病理分析	侯瑞玺等	6—1
电一布袋除尘器的研究	王焕钧等	6—6
电焊尘肺病因学的调查与研究	李兆明等	6—11
氢—氧发生器在焊接切割中的安全使用	高 英等	6—15
电焊工尘肺的劳动卫生学调查	王大奎等	6—20
电焊烟尘自然吸入动物实验研究	李九菊等	6—24
120 例手弧焊工眼损伤调查	章芝美	6—29
我国机械工厂焊接车间烟气污染现状和治理水平	刘英钊	6—31
电焊接尘量与电焊工肺发病关系的研究	徐静雁等	6—36
我国焊接安全卫生工作现状、存在问题和发展战略的建议 ⁽¹⁾	唐伯钢等	6—42
脉冲 MIG 焊的熔透控制	吴志强等	6—47
快速行走 TIG 焊接时熔透信号的提取及分析	王其隆等	6—52
微机控制四自由度管座自动焊机	徐继达等	6—57
电弧——激光点焊新工艺研究	赵家瑞等	6—62
微机控制热丝 TIG 横向窄剖口焊接技术	齐志扬等	6—67
焊接过程闭环控制系统 PID 调节器参数的自动整定	齐铂金等	6—72
计算机辅助薄壁异形件 TIG 焊接研究	高令俊等	6—77
MIG 焊接熔池的图象处理和熔宽及背面成型控制的研究	王克争等	6—82
弧焊机器人空间焊缝视觉跟踪控制方法的研究	李 严等	6—87
用 LIS 语言编写的焊接材料选择专家系统及其程序设计	施克仁等	6—92
平面关节型机器人焊接汽车后桥	吴仁育等	6—97
焊缝轨迹自示教跟踪技术的研究	邓晓泉	6—102
电弧传感器物理数学模型研究	潘际彦等	6—106
机器人用逆变 MIG / MAG 弧焊整流器研究	肖介光等	6—111
深小孔径管内壁 TIG 堆焊弧长及摆动微机控制系统的研究	魏 伦等	6—116

铝合金焊接工艺方案制订专家系统原型	武传松等	6—121
变动电流作用下焊接熔池谐振现象的研究与利用	杨春利等	6—125
电弧图象和焊接参数的同步采集、处理系统及其应用	陈武柱等	6—130
单片机存储测示控制功能型埋弧焊电源研制	徐庆鸿等	6—135
协同式脉冲 MIG 焊微机控制的研究	殷树言等	6—140
实用新型低速旋转电弧焊装置及对 CO ₂ 斜角焊缝成形的改善	艾雅宜等	6—145
竖向钢筋电渣压力焊设备及工艺的研究	刘德兴等	6—150
窄间隙 PC-MIG 焊时在不同间隙宽度中电弧和某些工艺特性 的研究	王震徽等	6—155
环焊缝搭接头处未焊透问题的解决	侯天奎等	6—159
焊缝被动磁场跟踪技术研究	刘泽生等	6—164
焊接电源动、静态特性的研究	齐铂金等	6—169
可控硅整流弧焊机计算机数字仿真的研究	蒋力培等	6—174
铁合金电炉内衬螺柱焊的研究和应用	蒋富惠	6—179
细长管焊缝背面余高的实时控制	侯天奎等	6—184
微机多功能焊接电源特性的研究	李鹤岐等	6—189
微型机控制窄间隙脉冲熔化极气保护自动氩弧焊机的研制	艾 盛等	6—194
螺旋板式换热器通道焊用机械手的微机控制系统	毛文杰等	6—199
红外焊缝跟踪传感器的光源调制及信号处理	陈武柱等	6—204
微机控制四自由度 MAG 自动焊机的研究	李荫煌等	6—209
开关型晶体管弧焊电源的研究应用	刘文煥等	6—214
探讨提高可控硅手弧焊机焊接工艺性的新途径	何树治等	6—219
以单片计算机为核心的 TIG 超薄板环缝焊机控制系统的研究	李 焰等	6—224
IBM / PC 微型计算机螺旋管焊接参数数据采集系统	施克仁等	6—228
晶体管逆变弧焊电源工作过程的数学分析	俞尚知等	6—233
全集成电路双向数学跟踪系统	陆依成等	6—239
智能型 TIG 逆普电源的研制(一)——微机控制的晶体管 逆变器	钱静渊等	6—243
单片微机控制的大功率可控硅熔化极自动焊电源	刘泽勇等	6—247
直流弧焊电源动态参数的微机测试	梁文广等	6—252

可控硅整流电源稳定性研究	宜兆志等	6—257
WSE5-315 可控硅交直流氩弧焊机的研制	孙海国等	6—262
高频 TIG 焊动态功率参数微机监测系统研究	路登平等	6—267
用于焊接过程控制的激光扫描传感器的研究	李 严等	6—272
切换导电增加焊丝通电长度的预热焊丝埋弧焊装置研制	龙 红等	6—277
无触点防电击交流弧焊机的研究与设计	吴毅雄等	6—282
交流方波焊接电源微机控制算法研究	张惠斌等	6—286
新型高速熔炼焊剂 SD-1 的研制	曹进茂等	6—290
200 米水深高压干法焊条的研究	林柏山等	6—295
水下高压干法旋流式双层气流保护 TIG 焊研究	高莹波等	6—300
200 米水深高压干法 MMA 焊接冶金及焊缝性能的研究	张 强等	6—305
50 米水深干法脉冲 MIG 焊研究	张善保	6—310
水下螺栓焊接方法的工程实用	李洪明等	6—316

五例电焊工尘肺病理分析

大连造船厂职业病防治科 侯瑞玺 毛宗敦

摘要:

电焊工尘肺病理剖资料,国内报道不多。本文通过对大连造船厂五名电焊工尘肺患者尸检肺标本进行病理及肺组织内粉尘分析,看出电焊工尘肺的病理特点是尘灶数量多,直径较小,形态不规则,有不等量的胶原纤维增生,但不形成典型的矽结节,间质有广泛轻度纤维化。灶周气肿,肺门淋巴结有粉尘沉着,但无结节形成。故认为散在分布的尘灶,广泛的间质纤维化及灶周气肿应是病理诊断电焊工尘肺的主要指标。肺组织元素分析表明电焊工尘肺是由多种因素共同作用的结果,氧化铁尘可能是最重要的致病因素。

对电焊工尘肺的性质,国内外学术界尚无完全统一的认识。有关病理剖资料,国外报道不多,国内尚少见到。本文对五例电焊工尘肺尸检肺标本及其肺组织内粉尘进行分析,探讨电焊工尘肺的病因及病理变化。

材料和方法

一、标本来源:五例尸检标本系大连造船厂三名电焊工和两名铆工,均为男性,年龄50~65岁,平均56岁。接尘工龄20~30年,平均31.4年。X线诊断0-I期1人,I期2人,II期1人,III期1人。五例尸检病例一般情况见表1。

五例尸检病例一般情况

表1

病理号	性别	年龄	工种	接尘工龄	X线诊断	病理诊断	死因
S-103	男	56	电焊工	26	II	II	肺内感染呼吸
S-44	男	57	装配工	33	I	II	肺癌 呼吸
A-54	男	50	电焊工	29	II	II	高血压 肾衰
A-238	男	52	电焊工	36	I	I	高血压 脑出血
A-8603	男	65	装配工	33	0-I	I	肺癌 呼吸

二、方法:

尸检肺标本按统一方法固定、切开、记录及取材^[1]。每例重点观察4-6个切面的病变,用求积仪计算切面的面积,统计结节数目:直径<2mm的计为0.5个;≥2mm的计为一个;≥5mm的计为2个,求出每例的眼观结节数量。每例取材20块做石蜡切片,分别做HE、Gömori、Azan及普鲁士兰铁染色部分病例做了大切片。观察病变的数量、大小、形态及分布特点。

其中三例肺标本用等离子反射光谱仪做元素含量分析,并与三例矽肺及矽酸盐肺,十例非尘肺剖检肺组织作对照。三例电焊工尘肺肺组织用Geigertex 3013型X线衍射光谱仪做了游离SiO₂含量测定并与三例矽肺及矽酸盐肺做比较。

结果

一、病理所见,五例肺标本的大体观察见表2,镜下分析见表3。

五例尸检肺标本大体所见

表2

标本号	观察切面				间质纤维化		支气管		肺气肿	胸膜
	数目	总面积 (mm ²)	结节数 (个)	结节数 (个/mm ²)	程度	扩张	炎症			
S-103	4	473	232	0.49	+++	++	++	破坏性	弥漫性增厚	粉尘沉着
A-44	5	496	204	0.41	++	+	+	灶周 大+触	局部增厚	粉尘沉着
A-54	6	630	114	0.18	±	-	±	灶周	胸膜下弥漫	散布黑色尘灶
S-238	6	967	27	0.028	+	+	±	灶周 大+触	局部增厚、粘	连, 粉尘沉着
A-8603	5	466	30	0.064	+	±	+	灶周	局部增厚、粘	连, 粉尘沉着

尘灶灶下分析

表3

标本号	观察切片		形态(%)			大小 (mm) (%)				胶原含量 (%)		
	总面积 mm ²	尘灶数 (个)	尘灶数 (个/mm ²)	类圆形	不规则形	<0.5	1.0	2.0	3.0	>3.0	<50	>50
S-103	30.6	159	5.2	9.6	90.5	29.0	33.3	23.3	10.0	4.4	51.6	48.4
A-44	34.7	210	6.05	16.7	83.3	52.3	33.8	11.0	1.0	1.0	32.9	67.1
A-54	41.7	172	4.15	30.8	69.2	20.9	49.4	19.2	9.9	0.0	80.8	19.2
S-238	25.4	122	4.80	36.1	63.9	65.6	27.8	6.6	0	0	62.3	37.7
A-8603	26.0	118	4.54	36.4	63.6	80.5	17.0	2.5	0	0	88.1	11.9
平均	31.6	156.2	4.94	24.3	75.7	47	33.6	13.6	4.6	1.3	60.2	39.8

(一) 胸膜变化: 除S-103胸膜增厚较广泛外, 其余4例仅有局部胸膜轻度增厚及粘连。

(二) 尘斑, 肺表面及切面见有孤立弥漫分布的黑色斑灶, 与煤斑形态相似, 以中上肺叶较为密集, 多位于末梢呼吸性支气管旁及其邻近的肺泡群内, 其次位于小血管、小支气管周围及胸膜下, 直径一般2mm以下, 0.3~1.0mm居多数(占80%以上), 75.7%呈星芒状及不规则形, 少数呈类圆形。由多量聚集的尘细胞、粉尘颗粒、成纤维细胞及少量纤维组织构成。直径<0.5mm的尘灶, 主要是以尘细胞为主。尘粒呈黑褐色或红褐色, 直径≤2μm, 经柏林兰染色, 绝大多数尘粒呈强阳性反应, 证明是铁尘。经高温灰化后, 暗视野及偏光检查未见砂尘颗粒。

(三) 粉尘纤维灶(结节): 黑色, 形态不规则, 质韧, 常见灶周气肿。尘灶有多量增生的纤维组织穿插其间。纤维呈条索状, 走行不一, 与邻近肺泡隔及间质相连续, 形成星状纤维灶(图1), 胶原含量随病程的进展而增加。个别结节纤维有类同心圆排列, 未见典型砂结节。粉尘纤维灶直径一般0.5~2.0mm, S-103所见>3mm之粉尘纤维灶, 多为相邻纤维灶相互延续连接而成。有些结节胶原纤维增生明显, 并有玻璃样变性。

(四) 灶周肺气肿：各例均有程度不等，弥漫分布的局灶性肺气肿，尘灶一般位于气肿的中心或一旁（图1），故称灶周肺气肿。除8-103由于间质广泛重度纤维化及粉尘纤维灶的融合，伴有组织破坏，形成斑痕性肺气肿外，余均为小叶中心性肺气肿，气肿腔一般不超过3毫米。A44、8-238同时并有大疱气肿，位于肺尖及肺缘部。

(五) 间质纤维化：主要分布于肺泡隔、小叶间，细支气管和小血管周围及胸膜下。各例小支气管具有程度不等的扩张、变形，上皮大部脱落伴有炎细胞浸润，管壁纤维组织增生，管周粉尘沉着及程度不一的纤维化（图2）。肺泡隔内有大小不一，含尘量不等的尘细胞积聚，肺泡壁轻度增厚。肺内小血管周围粉尘沉着，纤维组织常围绕血管增生呈套筒状（图3），管壁增厚，管腔变小、变形或闭塞。

(六) 大块纤维化灶：其中8-103于两肺下叶上部及左肺上叶下部，有3个 $4 \times 7\text{cm}$ 左右的大硬块，切面可见团块由多量形状不整的粉尘纤维灶及重度纤维化的间质构成，间有扩张的支气管及被压迫成条片状的肺组织。支气管内充满脓性坏死物。结节以2-3mm直径为多，有的互相融合形成多个直径5-10mm直径的融合块。间质纤维性增厚、色黑、质坚韧。该例病变表明，电焊尘肺之粉尘纤维灶也有互相融合成纤维化团块之趋势。

(七) 淋巴结：气管、支气管——肺淋巴结，除A44及A-8603两例合并肺癌外，无明显肿大，黑色、质软，可见有粉尘沉积，淋巴窦轻度扩张，部分髓索有轻度纤维化，但未见纤维性结节（图4）。铁染色与肺内粉尘反应不尽相同，大部分呈黑色，少部分呈兰色，表明铁尘不易经淋巴道转移。

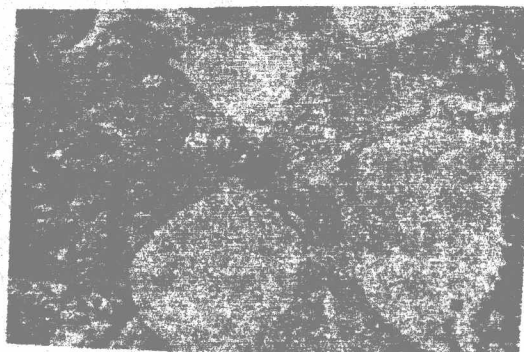
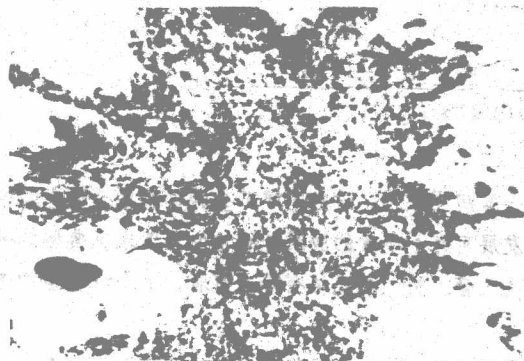


图1 A-54 尘斑呈星芒状及灶周肺气肿HEX130。图2 8-103肺泡壁及间质粉尘沉着及纤维化HEX130

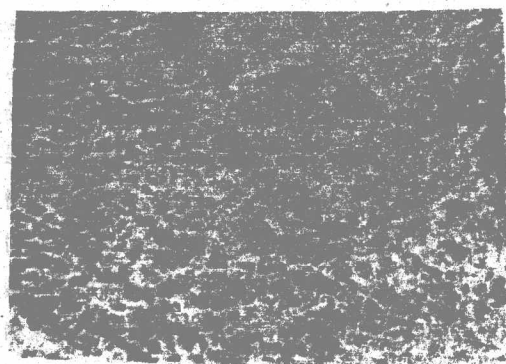
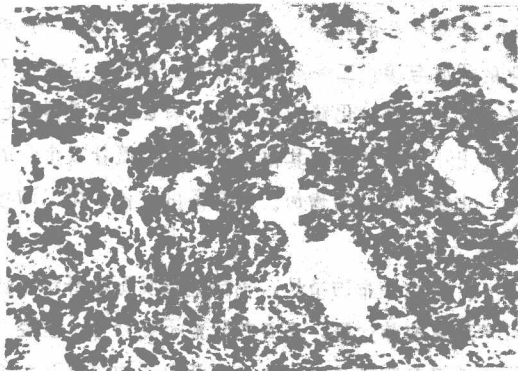


图3 8-238 血管周围粉尘沉着及纤维化HEX110。图4 A-44支气管-肺淋巴结粉尘沉着及髓索轻度纤维化
二、肺组织内粉尘分析：见表4及表5。

肺组织内主要元素含量

表4

尘肺例 种类数		元素含量 (μg/g)						
		铁	锰	镍	铅	钴	铍	铜
电焊工 尘肺	5 16200	206.17	79.00	41.67	48.67	10.10	5.9	
矽及矽 酸盐肺	3 1980	14.60	9.8	13.27	14.57	6.23	2.5	
非尘肺	10 1507	2.67	2.55	9.04	7.79	2.01	1.32	

* 等离子分光光度计分析结果

肺内游离SiO₂含量(%)

表5

尘肺	标本号	游离SiO ₂ 含量	均值
电焊工 尘肺	S-103	0.4	0.467
	A-44	0.4	0.467
	A-54	0.6	
矽肺及 矽酸盐肺	A-5	4.3	
	A-31	3.3	3.034
	S-194	1.5	

* 德国Perkin-Elmer 3013型X射线荧光谱仪测定

讨论

一、电焊工尘肺的病理特点：通过五例电焊工尘肺病理分析，看出电焊工尘肺具有混合性尘肺的特点：尘灶的数量多、直径较小，形态不规则，随病程的发展可有不等量的胶原纤维增生，但未见典型的矽结节，间质有较广泛的轻度纤维化；有灶周气肿；气管、支气管、肺门淋巴结有粉尘沉着，个别淋巴结内有髓索纤维化改变，但无结节形成。

国内王炳森报告的四例电焊工肺叶切除标本的病理检验。其中三例仅有5—10年接尘工龄，病灶内和周围有少量纤维母细胞和纤维细胞及网状纤维，而另一例工龄>15年，则可见少量至中等量的胶原纤维，胶原纤维部分透明变性但不形成薄皮样结构⁽²⁾。本文报告的五例，由于工龄较长(20—38年)，每例均可见胶原含量不等的粉尘纤维结节，其胶原化的程度与接尘工龄有密切关系。表明电焊烟尘不是“良性”粉尘；电焊工尘肺也不是所谓的“良性尘肺”。只是致纤维化能力比较弱，病程进展缓慢而已。

日本佐野(1966)对四例焊工肺病理研究后指出：焊工肺也和其他尘肺一样，随着吸尘量的增大，粉尘滞留时间的延长，能引起肺泡壁纤维性增厚，胶原化结节数目的增加。同时得出结论：焊工肺按尘肺恶性度分类是属中等度有害⁽³⁾。本文所见同佐野基本一致。

综合病理观察所见，电焊工尘肺的基本病变是：1、散在分布的尘灶，包括尘斑及粉尘纤维灶(结节)，多位于小支气管、小血管附近的肺泡群及末梢细支气管所属的肺泡属，呈星芒状或不规则形，直径一般0.3~2.0 mm，少数2~4 mm，灶内粉尘普鲁士兰染色呈强阳性反应；2、广泛的间质纤维化；3、灶周气肿；4、大块纤维化，晚期病例可见由多个结节互相融合及间质重度纤维化而形成的；5、淋巴结粉尘沉着，但很少形成纤维性结节。

二、电焊工尘肺的病因探讨

电焊工尘肺是由电焊烟尘引起的一种混合性尘肺,据大连造船厂对结507焊条焊烟成分的分析,主要是氧化铁(占77.01%);另外还有二氧化硅、氧化锰及氟化物等。其中 SiO_2 含量占7.22%〔1〕。王炳森报告用X衍射结构分析证实,焊尘内的二氧化硅不是结晶型的〔2〕,本文对五例焊工尘肺组织切片,经高温灰化,偏光及暗视野观察,均未见游离 SiO_2 颗粒;从表5可见:电焊工尘肺肺组织内游离 SiO_2 含量仅0.47%,而矽肺之肺组织内含游离 SiO_2 3.33%,因而认为游离 SiO_2 在电焊工尘肺的发病中不是主要因素。电焊烟尘中主要成分为氧化铁(占77%),五例电焊工尘肺肺组织切片之粉尘颗粒,经柏林兰染色,均呈强阳性反应,表明其尘粒是铁尘。焊工尘肺肺组织内铁的含量比非尘肺平均高10倍,比矽及矽酸盐肺高8倍(表4)。由此推测铁是电焊工尘肺发病中的主要因素。另外,锰、锡、铅、铍等元素含量均明显高于非尘肺对照组,也高于矽肺对照组,对这些元素在电焊工尘肺发病中的作用亦不应忽视。尤其锰在电焊工尘肺的含量比非尘肺对照组高一百倍(表4),对其在致病中的作用有待进一步研究。

三、五例中有二例合并支气管肺癌,病理组组学为未分化癌,电焊烟尘与肺癌之间的关系需要做进一步研究。

小结

一、本文报告五例尸检病理分析,总结电焊工尘肺的基本病变:1、散在分布的尘灶;2、广泛的间质纤维化;3、灶周气肿。是普遍存在的,应是病理诊断电焊工尘肺的主要指标。

二、肺组织元素分析表明电焊工尘肺是由多种因素共同作用的结果。氧化铁尘可能是最重要的致病因素。

致

谢

五例尸检病例均经北京中国预防医学中心劳动卫生职业病研究所邹昌淇付所长、邢康吉主管技师诊断并指导,大连造船厂医院职业病科杜守明、王永师、黄昌炎、丁一心、孙荣华、张洪金、黄锡健、陈美艳、徐静雁、张梅仙协助工作,特此致谢。

参 考

文 献

〔1〕梁淑容等:尘肺病理图谱、人民卫生出版社 1981

〔2〕王炳森:电焊工尘肺的病理分析 上海劳研所病理室 内部文献

〔3〕海老原勇 劳动卫生学 56(7)400-417 1980

〔4〕邹昌淇:电焊烟尘对肺的影响——电焊工尘肺讲座稿 1986

〔5〕毛宗数、邹昌淇:电焊作业尘肺发病情况的调查研究——附三例尸检报告 中华劳动卫生职业病杂志 第2卷 1984年 第2期

电—布袋除尘器的研究

铁道部劳动卫生研究所

王焕钧 张秀珍

摘 要

电—布袋除尘器是电焊排烟除尘机组的重要组成部分之一，本文介绍了铁道部劳动卫生研究所研制的电—布袋除尘器及通过大量试验所取得的成果。电—布袋除尘是近年来发展起来的新的净化方式，其工作原理是将细小的尘粒通过高压电场，使其荷电及凝聚粗化，粗化的粒子再由布袋除尘器收集。

本文重点介绍电焊烟尘荷电凝聚的原理，电凝聚器的最佳参数以及电—布袋除尘器的基本结构，同时对电焊排烟除尘机组的整机性能及使用效果也做了简要的介绍。

实践证明：除尘机组使用电—布袋除尘器比使用普通布袋除尘器阻力小，容尘量大，除尘效率高，清灰方便。证明电—布袋除尘器是净化电焊烟尘以及亚微米级尘粒的较先进的净化方式。

在焊接过程中，会产生大量的电焊烟气（包括烟尘和有害气体），其中烟尘浓度一般超过国家卫生标准几倍到十几倍，是主要危害。电焊烟尘可以引起锰中毒、氟骨症、神经衰弱症候群、呼吸道炎症以及电焊工尘肺等职业危害，所以尽快地解决电焊烟尘对作业环境的污染，已成为焊工劳动保护的重要课题之一。

我所结合铁路企业的特点，于1987年研制成功风量较大，除尘效率较高的DPC—1500型电焊排烟除尘机组，完成了DPC型系列除尘机组的研究。机组由除尘器（采用电—布袋除尘器），风机，壳体及电器系统等几部分组成。（如图1）采用的电—布袋除尘器是除尘机组的主体，用于净化及收集电焊烟尘。现重点介绍如下：

一、净化电焊烟尘的方式

电焊烟尘是工业粉尘中较细的一种，平均粒径为 $1\mu\text{m}$ ，净化这样细的尘粒，通常采用过滤收尘或静电收尘两种方式，但过滤式收尘器阻力大，能耗高且清灰困难，而电收尘器的重量、体积又较大。为克服上述缺点，我们通过参阅有关资料及大量对比试验，选取了较先进的静电凝聚—布袋收尘（简称电—布袋）的复合式收尘方式，取得了很好的效果。

所谓电—布袋收尘方式，是在普通的布袋收尘器前面增设一个高压电场，（称电凝聚器），电焊烟尘首先通过凝聚器电场，在电场中，尘粒荷电并凝并成较大颗粒，然后再由后面的布袋除尘器收集。

二、电焊烟尘荷电及凝聚的机理：

电焊烟尘在通过高压电场时，之所以能荷电和凝并成较大颗粒，是由于在强电场中，空气发生电离，使电场中充满大量的自由电子和正负离子，这些带电粒子以高速向荷相反

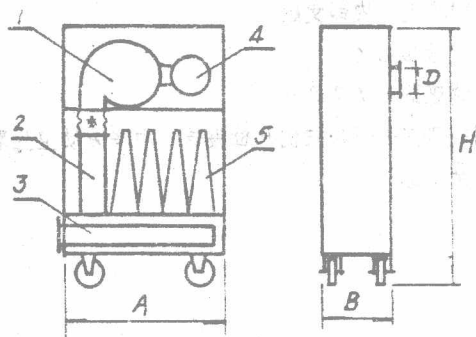


图1 DPC—1500型电焊除尘机组
示 意 图

1. 风机 2. 电凝聚器
3. 集尘斗 4. 电机 5. 滤袋组

电荷的电极运动,当含尘空气通过电场时,带电粒子与尘粒碰撞并粘附于尘粒上,使尘粒带电。(如图2)

带电的尘粒在静电力的作用下相互吸引,并凝并成较大颗粒,称为尘粒的粗化,粗化后的尘粒由布袋除尘器收集。

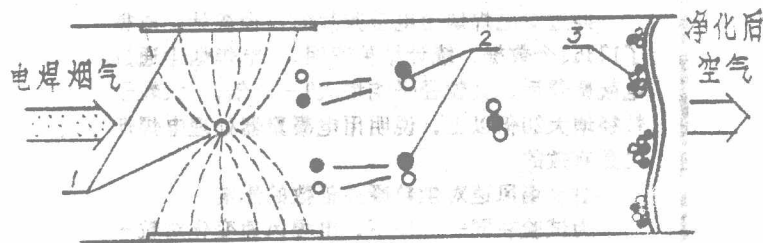


图2 尘粒荷电及凝聚示意图

1、凝聚器电场 2、荷电尘粒 3、布袋除尘器

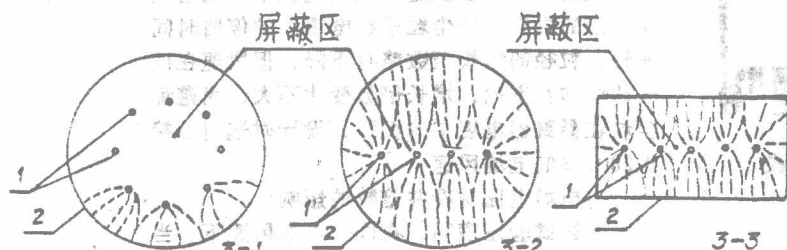


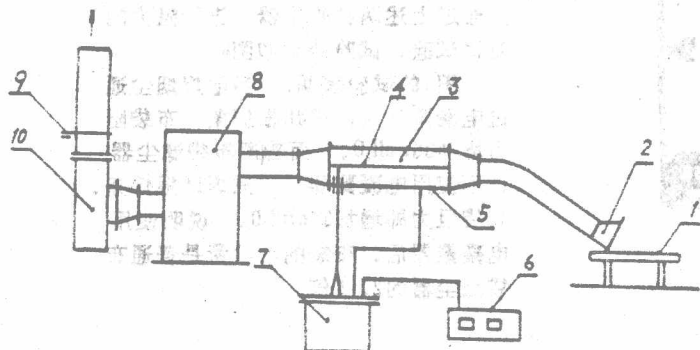
图3 三种电场布置示意图

1、电晕线 2、接电极(凝聚器外壳)

线分布较均匀,电晕线间的屏蔽区相对较小,试验证明在此种电场中粒子荷电效果最好。

四、静电凝聚的试验装置及试验结果的分析:

电焊烟尘静电凝聚试验装置如图4,用于观察凝聚器前后烟尘粒径的变化,并试验凝聚器的最佳设计参数。



(一)电焊烟尘荷电及凝并效果:

为观察电焊烟尘通过电凝聚器后,其粒径的变化,试验过程中,在电凝聚器前后连续进行粉尘采样,并对采集的样品进行电镜观察及烟尘粒径的统计分析。

图4 电凝聚试验装置示意图

- 1、焊接工作台 2、罩口 3、静电凝聚器
4、电晕极 5、接地板 6、控制器
7、高压发生器 8、净化器 9、风量调节阀 10、风机

试验表明，电焊烟尘通过电凝聚器后，有明显的粒子凝并现象，

图5为电焊烟尘

通过电凝聚器前后时的电镜照片。

经过对电焊烟尘电镜照片的粒径统计，取得了17353个数据，统计结果表明，电焊烟尘通过电凝聚器后，其粒径平均增大9—15倍，大粒子粒径增大20倍以上，说明用电凝聚器处理电焊烟尘是有效的。

(2) 电场风速对尘粒凝并倍数的影响：

为试验在同一电压下，电场风速变化对粒子凝并倍数的影响，确定了四种电场电压，即10KV（正电晕、负电晕），12KV，14KV（负电晕），观察在某一电压下，风速与凝并倍数的关系。

试验表明，在固定的电场电压下，随着电场风速的提高，烟尘粒子在电场中的停留时间缩短，粒径的增长倍数略有下降，但风速在10—20m/s范围内，增长倍数变化不大，为避免尘粒在凝聚器电场中的沉积，设计时选用了接近20m/s的电场风速。

(3) 电场电压对凝并倍数的影响：

上述试验还表明，在同一电场风速下，当电场电压为12KV时，粒子的平均凝并倍数最高。这可能是由于采样是在凝聚器前后进行的，当电压过高时，一部分凝并的大粒子被电场收集下来，致使凝聚器后面采集的样品的平均粒径变小，为避免尘粒的沉积，设计凝聚器时选用了10—12KV的电场电压。

五、布袋阻力增长试验：

为比较布袋除尘器 and 电—布袋除尘器阻力增长情况，使同样数量的电焊烟尘通过上述两种收尘器，进行阻力的对比试验，试验结果如图6。

图6的试验表明，当电焊烟尘通过电凝聚器后，焊40根焊条，布袋阻力增加35mmH₂O，而普通布袋除尘器（不使用电凝聚器），只焊16根焊条，布袋阻力即增加35mmH₂O，说明使用电凝聚器后，布袋的容尘量是普通布袋除尘器的2.5倍。

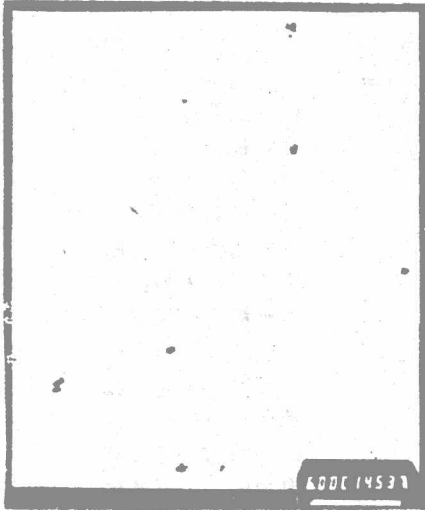


图5—1 电焊烟尘通过电凝聚器前的照片
(放大6000倍)



图5—2 电焊烟尘通过电凝聚器后的照片
(放大10000倍)

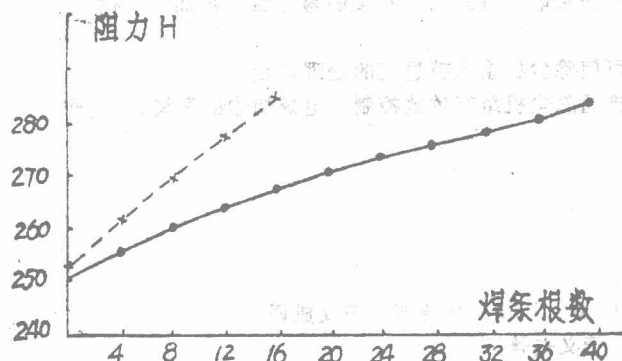


图6 布袋阻力增长的对比试验

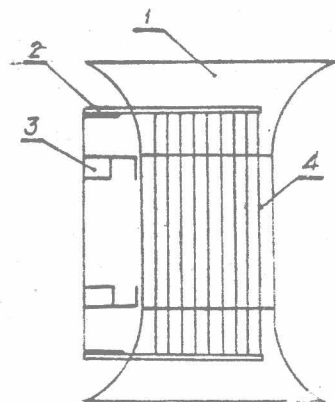


图7 电凝聚器结构示意图

1. 凝聚器壳体
2. 绝缘杆
3. 绝缘块
4. 电晕线

为减少阻力，电凝聚器的流道采用流线型，如图4，为防止电晕线与接地极板间发生“爬电”（短路）现象，电晕线支架布置于电晕外，并经两次绝缘后固定在凝聚器的壳体上。

(二)布袋除尘器：

布袋除尘器的结构如图1，为减小机组体积，布袋组做成楔形，由于电一布袋方式容尘量大，阻力低，因此选用了较高过滤风速，进一步减小了布袋除尘器的体积。

(三)清灰装置：

电一布袋方式清灰比普通布袋除尘方式容易，经试验采用电磁振打清灰可有效地清除布袋

上收集的烟尘，机组每8小时振打一次，每次振打2分钟，布袋即可恢复到初始阻力，保持所要求的风量。

七、除尘机组的主要性能参数：

处理风量：1500m³/h，资用压力：200mmH₂O，除尘效率：>99%，高压电源：10—12KV，配用电机功率：3KW，外形尺寸：905×560×1735mm。

八、除尘机组的使用效果：

安装电一布袋除尘器的DPC—1500型除尘机组经试验室及现场的卫生学测定，结果如下：

在不使用机组时，作业带烟尘和锰尘浓度分别是国家卫生标准的1.1—50倍和6.9—19倍。使用机组后，呼吸带烟尘浓度<1.2mg/m³，呼吸带锰尘浓度<0.37mg/m³，NO_x，CO，CO₂，O₃等几种有害气体，不使用机组时一般亦不超标，使用机组后，各项指标均达到国家标准。

九、结论：

1、电一布袋除尘器首次与电焊除尘机组配套，实践证明是净化电焊烟尘较理想的收尘方式之一。

电一布袋除尘器阻力小，容尘量大的原因是，电焊烟尘荷电及粗化后，由于带电尘粒间的同性相斥作用，使布袋上的粉尘层变得松散，加之平均粒径增大，加大了粒子间的空隙，从而使阻力减小。

六、电一布袋除尘器的结构：

电一布袋除尘器主要由电凝聚器和布袋除尘器两部分组成，处理风量为1500m³/h。

现分述如下：

(一)电凝聚器：

- 2、研制的电振聚幕可使电焊烟尘粒子增长9—15倍，最大增长倍数可达20倍以上。
- 3、在同样焊接条件下，使用电—布袋收尘方式后，布袋的容尘量可提高2.5倍，阻力可降低1/2。
- 4、电—布袋除尘器清灰方便，可使除尘机组保持稳定的处理风量。
- 5、使用电—布袋除尘器的电焊排烟除尘机组有效地控制了电焊烟尘的散溢，使作业带烟尘浓度达到了国家卫生标准。

参 考 资 料

- 1、《工业电收尘》(1984.1)[美]H.J. 怀特著，王汉成译
- 2、《静电手册》(1981)[日]菅义夫著
- 3、《电收尘器》(1976.5)中国建筑工业出版社编辑组
- 4、《工业排毒原理及方法》(1966)钮式如著
- 5、《纺织厂空气调节》《纺织厂空气调节》编辑组
- 6、《DPC—1型电焊排烟除尘机组的研究》(1981)铁道部劳动卫生研究所。

电焊尘肺病因学的调查与研究

电、尘肺科研协作组*

(江南造船厂 李兆明 执笔)

提 要

电焊尘肺病因学的研究,是通过职业流行病学调查、动物试验、临床及病理分析等进行的。流调揭示我国北方地区焊工尘肺高于南方与气候有关。用直线回归分析求得焊尘的最大容许浓度值:大连船厂为 $10.25\text{mg}/\text{m}^3$;江南船厂为 $9.55\text{mg}/\text{m}^3$;齐齐哈尔车辆厂为 $5.98\text{mg}/\text{m}^3$ 。在动物试验的自然吸入和气管注入染尘中,均证实了焊尘能引起肺组织纤维化,其中J-507焊条更易致肺纤维化。

五例焊工尘肺尸检材料经生物化学、原子吸收光谱、X光衍射、扫描能谱及偏光显微镜检查,揭示肺组织中铁、锰元素含量显著增高,游离 SiO_2 含量与矽肺组织相比非常微量。提示电焊尘肺的形成与铁、锰元素或铁—锰共存有密切关系。肺组织中未见结晶型游离 SiO_2 、结节偏光显微镜检查未见双折射发光体,证实游离 SiO_2 不是电焊尘肺的主要致病原因。

研究结果认为,电焊尘肺是因长期吸入大量焊尘而引起的肺部纤维化的职业病,建议工业生产中电焊尘的卫生标准订为 $6\text{mg}/\text{m}^3$ 。

电焊工艺广泛应用于机械、建筑、化工、船舶制造等工业。焊接过程中由于电弧高温(3500°C — 5000°C)作用于焊条与工件之间,产生微小冶金反应,并伴随光辐射、金属烟雾、有害气体给焊工带来多种职业危害。电焊尘肺是其中常见的一种危害,但焊工尘肺的病因自从1936年Doig和McLanaghan首次报告电焊尘肺以来,历时五十余年至今其病因及性质仍有争议;一种认为电焊尘中主要为不致病的氧化铁“惰性粉尘”不致肺纤维化只能引起肺铁末沉着故称“良性尘肺”,另一些学者认为电焊尘肺可能由于焊尘中含有少量游离二氧化硅所致。

为了解电焊工尘肺的真实病因,中国船舶工业总公司于1984年发起,由中国预防医学科学院劳动卫生职业病研究所、大连造船厂、江南造船厂、甘肃省卫生防疫站、铁道部劳动卫生研究所以及齐齐哈尔车辆厂等单位组成电焊尘肺科研协作小组,对电焊尘肺的发病原因进行了较系统的调查研究。

对电焊尘肺的调查研究包括:1.电焊工尘肺的职业流行病学调查及临床观察;2.不同种类的电焊烟尘,对大白鼠肺部致纤维化的实验;3.电焊尘肺尸检及病理分析。

一、电焊尘肺的职业流行病学调查及临床观察

在国内常用的焊条有:低氢型碱性焊条J-507、钛钙型酸性焊条J-422、奥氏体不锈钢焊条AO-507。造船厂及车辆厂生产过程中,焊尘浓度在 13.25 — $66.84\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。长期暴露于通风不良的作业环境,可致电焊尘肺。目前全国约有焊工近百万人,南方地区造船厂的电焊工尘肺发病率在5.5%以下;北方可达10—13%,齐齐哈尔车辆工厂的发病率比南方的江南造船厂高2倍多。这种南北地区发病率的差异主要原因可能由于中国北方冬季长、气候寒冷、门窗紧闭、通风不良在长时间焊尘污染的环境中作业有关。

焊尘的组份随焊条及工件的成份不同而异。经分析焊尘主要含 Fe_2O_3 (24%—87%); FeO (0.14—0.5%);总氟(1.0—19.0%); MnO_2 (4—52%); CrO_3 (0.013—0.087%); SiO_2 (2—17%),此外还含有微量的Na、K、Mg、Al、Zn、Ti等二十余种元素。但游离 SiO_2 的含量为(0.9—3%)并呈非结晶型。焊尘的基本粒子在电镜小观察呈球形,直径在 0.05 — $0.3\mu\text{m}$,由于这些基本粒子带电荷,并相互吸引凝集成团块,直径增大为 2 — 5μ 的尘粒,其中 2μ 以下约占98%。

通过三厂的电焊作业职业流行病学调查,采用直线回归分析方法,求出电焊工接尘量与尘肺发病的回归方程(表1)。