焊接厂房烟尘的危害及整体除尘处理方案

中国焊接协会 （黑龙江哈尔滨 150080） 李 波
南车青岛四方机车车辆股份有限公司 （山东 266031） 胡广胜

在焊接生产过程中，焊接材料与母材的结合过程中会产生大量焊接烟尘和气体，其中很多气体和烟尘对人体是有伤害性的，当其超过允许浓度时，就会严重影响焊工的身体健康，引发各类呼吸及尘肺疾病。因此，净化焊接工作环境问题，维护焊工身体健康，已引起国内外众多企业、公司的重视，并积极开展了各项工作。

1. 焊接烟尘构成及危害

由焊接及相关工艺过程中产生的有害物质的存在形式有气态和颗粒状态两种；90% 的烟尘来自焊接材料，仅有小部分来自于母材。根据不同的焊接方式，焊接粉尘来源不同，焊条电弧焊（MMA）与药芯焊丝电弧焊（FCAW）产生的烟尘大部分来自焊条药皮和药芯焊丝，小部分来自形成焊缝的熔敷金属。气体保护焊（MAG/MIG）产生的烟尘则大部分来自于熔敷金属，颗粒状态物质以微小的固体颗粒弥散在空气中。可按其尺寸大小进行区分，如图 1 所示。

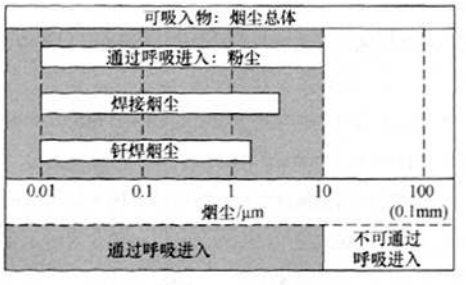

图 1 焊接烟尘分类大小

可吸入人体的颗粒是通过嘴和鼻进入人体内的，其尺寸可达到或超过 100μm。以往对该类颗粒组分称为“烟尘总体”。可进入呼吸系统的颗粒能渗入肺泡内，其尺寸可达 10μm。以往称之为“粉尘”。由焊接产生的悬浮在空气中的颗粒非常小，一般其尺寸 <1μm（大多数情况下 <0.1μm），因此是“可呼吸”的，并称之为焊接烟雾，见表 1，颗粒物形状见图 2。

表 1 根据尺寸大小对焊接过程中产生悬浮颗粒的分类

工艺	材料	颗粒形状	颗粒状物质的尺寸/mm		
			单颗粒形状（直径）	链颗粒形式（长度）	成团颗粒形式（直径）
药皮焊条电弧焊（MMA）	铬-镍钢	球形	50 ~ 400	几十	达 500
气体保护焊（MIG/MAG）	铬-镍钢	球形	达 10	达 100	达 100
	铝合金	球形	10 ~ 50（可达 400）	尚未发现	尚未发现

图 2 焊接烟尘形状

根据焊接、切割及相关工艺过程产生的气态和颗粒状态的物质对人体不同器官的影响进行以下分类，见表 2。

表 2 根据有害物质的存在形式及其影响进行的分类

存在形式		影响		
		对肺产生作用	有毒	致癌
气态	氧化氮		×	
	臭氧		×	×
	一氧化碳		×	
	光气		×	
	氢氯化物		×	
	甲醛			×

（续）

存在形式		影响		
		对肺产生作用	有毒	致癌
颗粒状态（可吸入人体，进入呼吸系统）	氧化铝，氧化铁，氧化镁	×		
	钡化物，氧化铅，氟化物		×	
	氧化铜，氧化锰，氧化钼		×	
	五氧化钒，氧化锌		×	
	六价铬化物，氧化镍			×
	氧化钴，			×
	氧化镉，氧化铍			×

（1）对肺产生作用的物质　长期吸入高浓度的烟尘导致了对肺功能的抑制。由于烟尘在肺中的沉积，使氧气的交换减少。肺中沉积的烟尘通常不是病原性的，而是可逆的。铁的氧化物、铝的氧化物属于此类物质。

（2）有毒物质　当超过某一剂量时（对每一体重单位的分量），对人体产生有毒的影响。这是一种剂量与效应的关系。轻微的中毒导致轻度的健康失调，而空气中高浓度的有毒物质可以造成非常严重的中毒甚至导致死亡。气态有毒物质有一氧化碳、氧化氮、二氧化氮、臭氧以及金属氧化物，以烟尘形式存在于空气中的铜、铅、锌等。

（3）致癌物质　癌症发生的可能性通常取决于几种因素，如基因的易感性、环境污染等。虽然没有一种是必然的因素，但当这些物质的剂量增加，患癌症的可能就越大，其潜伏期（从第一次接触到癌症发生的时间间隔）可延续几年或几十年。

2. 整体除尘防护措施

为净化焊接操作环境，保护操作人员身体健康，综合治理焊接厂房的焊接烟尘问题，必须采取切实有效的防护措施，以保证达到室内环境满足健康要求和焊接工艺要求。除采用先进的焊接方法及提高焊接过程的机械化及自动化程度外，进行整体除尘是消除焊接烟尘危害的有力措施。

焊接烟尘治理是一项国际性的技术难题，欧美等国进行了40多年的研究，目前常用的方法包括制定劳动保护法、局部除尘法及整体治理法等。对高大厂房而言，治理焊接烟尘最有效的方法是采用整体治理。而在整体治理中又有混合送风、格栅送风及分层送风技术。

（1）混合送风　该方法是对整个车间进行通风换气，用新鲜空气把整个车间的有害物质浓度稀释到最高允许浓度以下。该方法具有设计简易、原理简单的优点，但也存在全面通风量大、能耗大、粉尘容易滞留以及无法彻底解决除尘等问题。

（2）双层格栅或喷口侧送风　采用该种送风方式，由高速风口送出的射流带动室内空气强烈混合，使射流流量成倍地增加，射流截面不断扩大，速度逐渐衰减，室内形成大的回旋气流，工作区一般处在回流区。对一般舒适性空调而言，该种方式完全可行。但车间在生产时，产生大量焊接烟尘，并随热气流上升，这样势必产生喷口或格栅射流与上升的焊接烟尘强烈混合，产生紊流，并流向回流区，不利于焊接烟尘向车间上方排放。同时在工作区产生二次污染，工作区的含尘浓度难以保证。所以对有污染源及热源共存的高大厂房，不能采用双层格栅或喷口送风。

（3）分层送风　分层送风系统始于25年前，最初在北欧运用，占据了北欧国家90%的工业空调市场和75%的民用空调市场，逐渐在美国、日本等国家众多工业厂房中开始运用。在分层送风系统中，采用在厂房的下部分层低速送风，新鲜清洁空气直接送入工作区，先经过人体，这样就可以保证人体处于一个相对清洁的空气环境中，从而有效地提高了工作区的空气质量。这种方式对空气状况的要求只是针对工作区域（工人活动范围）而不是整个厂房的空气输导。要满足工作区的相对温度，同时排除焊接烟尘，就要保证焊接烟尘在送风推动和回风口抽吸作用下缓慢上升，形成向上的单向流动。新鲜送风使室内浊热焊接烟气逐渐抬升而非混合，可保证工作区的温度及含尘要求。

分层送风由于送风速度低，对MAG/MIG气体保护焊的保护气体不会带来影响。

在整体厂房通风除尘中，按照季节的不同，采用不同的送风方式达到通风出尘的目的，如图3所示。合理的气流组织不仅能起到理想的效果，而且能节省能源，节约资金；反之，气流组织不当，则不能起到通风除尘的效果，更为甚者使整个系统瘫痪，投资报废。

分层送风不仅能有效调节工作区域空气的温度、湿度，还能有效地通过气流的运动，将工作区域产生的含尘气体带走，达到将工作区域空气净化的目的。因分层

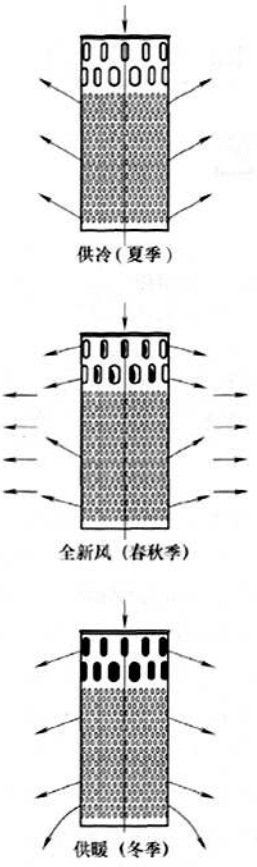

图3 送风筒不同季节送风示意图

送风针对的区域为人的工作区域，因而作用直接，能耗低。

采用整体送风技术对车间烟尘处理后的效果如图4及图5所示。

图4 采用整体厂房焊接烟尘治理前车间的场景

分层送风的基本特征是水平方向会产生热力分层现象。分层送风下送上回的特点决定了空气在水平方向会分层，并产生温度梯度。如果在底部送新鲜的冷空气，那么最热的空气层在顶部，最冷的空气层在底部。置换空气在水平方向汇入上升气流，由于送风量有限，在某一高度送风会产生循环。我们把产生循环的分界面高度被称为“分界高度”。这样就形成了两个区域的气流形式，底部区域是相对清洁的空气，上部区域存在更多的污染，见图6。根据实践经验，焊接烟尘随热气流升腾，并卷吸周围空气，最终会弥漫并悬浮在8～10m高度的这一空间层，不会再上升。在这一高度辅以吸尘设备，可以达到良好的除尘效果。

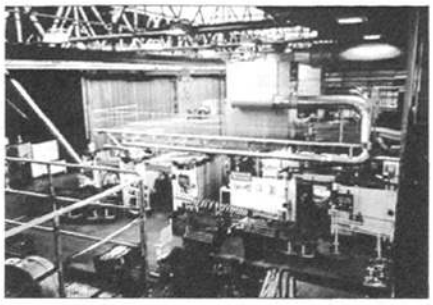

图5 采用整体厂房焊接烟尘治理后车间的场景

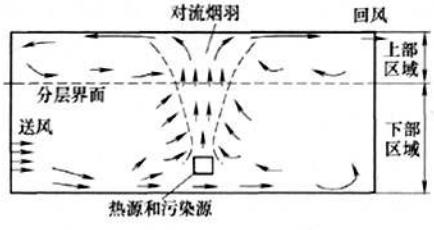

图6 分层送风气流组织

（4）个人防护措施 在进行整体治理的同时，企业也应为劳动者配备呼吸保护设备，过滤式防尘口罩、通风头盔和分子筛除臭氧口罩等，加强对劳动者的防护教育，使其加强自身的防护。

3. 结语

在焊接及其相关的制造过程中，产生的烟尘不仅污染环境，并且危害焊接劳动者的身体健康。但通过各种积极有效的防护措施来加强对焊接烟尘的治理，净化焊接工作环境，同时加强劳动者的自我防护意识，就可以将焊接烟尘的危害程度降低到最低点。**MW**

（20101106）