

焊接安全技术

上海市卢湾区科学技术协会

一九七八年十二月

金属的焊接与切割是一种重要的工艺加工技术。它的应用，几乎涉及所有的工业部门。特别是近几十年来，由于工业生产的飞速发展，焊接技术也越来越显示出它的重要性。例如石油化工、大型电站的高温高压容器，数万吨级巨轮的壳体结构，重型机械特大铸、锻件的拼接，精密仪器，仪表直至飞机、火箭人造卫星……几乎都离不开焊接加工。

但是，焊接（切割）作业的安全问题很引人注目。大家知道，焊接工人通常与焊接龙头打交道，它作为一个高温热源，对于存在易燃、易爆物质的部门和设备是很容易引发燃烧和爆炸事故的，另外，焊接作业也易引起触电、中毒等事故，这不仅危及焊工及辅助人员的生命安全，而且也可能成为事故源，引起更严重的事故。特别是在装置规模大型化生产过程连续化，操作条件自动化的情况下，如果发生事故，将会造成重大损失，严重影响人身和设备安全，影响生产的正常进行。

根据国内外一些资料的报导，化学工业的火災外炸事故在整个工业火災外炸中占有相当大的比例。比如日本化学工业火災外炸事故占整个工业火災外炸事故的 $1/3$ 左右，由最近十年统计，日本这类事故每年大约有 50 起，其中 $1/4$ 左右属重大事故，就以 1963—1972 年为例，这几年间共发生这类事故 478 起，死亡 209 人，受伤 1034 人。

从外炸性物品来看，属于可燃性气体引起火災外炸的比例是 25%，而其中又以乙炔的比重为最大。乙炔是我们气焊气割中不

可缺少的燃料。工业中生产的乙炔大易都消耗在这方面，如美国作过统计。美国1966年气焊气割所用的乙炔占总乙炔出售量的三分之一，比例是很高的。据调查，上海某些化工单位由于焊接动火引起的事故占火灾爆炸总数的80%以上。由此更可见焊（割）作业的安全问题应该受到充分的重视。

焊接技术发展到今天，已经具有一系列的工艺加工方法，但是大易进行的还是手工电弧焊和气焊气割。因此，安全问题也就着重从这两方面来讲。

目 录

前 言

第一讲 手工电弧焊安全技术	1
一、电弧辐射的防护	1
1. 辐射的产生	1
2. 电弧辐射的种类	2
3. 电弧辐射的危害	3
二、呼吸系统的防护	4
1. 粉尘与有毒气体的产生	4
2. 可能引起的危害	5
3. 通风——危害的有效消除措施	6
三、触电事故的防止	7
1. 影响触电伤害程度的有关因素	7
2. 电焊工触电的主要原因	8
3. 防止焊工触电的技术要点	13
四、电弧焊防燃、防炸安全技术	15
1. 易燃、易爆品容器、设备的焊修	16
2. 在易燃、易爆品周围焊接注意	16

3. 焊机接地回线的安设	17
第二讲 气焊气割安全技术	19
一、气体的性质	20
1. 氧气的性质	20
2. 乙炔的性质	20
3. 氧——乙炔的燃烧机理	21
4. 氧——乙炔、空气——乙炔的爆炸机理	22
二、设备的安全使用	22
1. 氧气瓶的安全使用	22
(1) 氧气瓶发生爆炸的原因	22
(2) 氧气瓶的运轨	23
(3) 氧气瓶的储存	23
(4) 使用氧气瓶的安全常识	24
2. 乙炔瓶的安全使用	25
3. 减压表的安全使用	26
4. 焊、割炬的安全使用	26
5. 乙炔发生器的安全使用	27
三、回火及回火防止器	23
1. 什么是回火	28

2. 回火的原因	28
3. 回火防止器	29
(1) 回火防止器的作用原理	29
(2) 回火防止器的使用要求	31
(3) 卸压膜片的选择	31
四、气焊、气割防燃防炸知识及事故举例	32
1. 回火燃烧、炸炸事故的发生及分析	32
2. 其它原因引起的燃烧、炸炸事故举例	35
结 束 语	38

第 一 讲

手工电弧焊安全技术

电弧——在两电极之间产生的气体介质中强烈而持久的放电现象叫做电弧

电弧焊——分别以焊条（焊丝）为一极，工件为另一极，利用电弧所产生的热来熔化金属从而达到连接工件的目的，就称为电弧焊接。

电弧是把电能转变为热能，一旦产生了电弧，在弧柱中间就充满了高温电离气体。一般手工电弧焊接时，弧柱中心最高温度可达 6000°C 左右，熔池的温度也在 2000°C 左右。高温的电弧将会产生强烈的辐射，并引起金属蒸发和大量烟尘，对人体有一定的危害，为了保证电弧的稳定燃烧，需要使用焊接电器，焊工经常与电器接触，容易发生触电事故。此外，焊接电弧作为一个高温热源，如果焊工缺乏保全知识，违反操作规程，还可能引起工作地点的燃烧和爆炸事故。在大量存在易燃、易爆物料的化工厂，这一问题尤为突出。所以，电弧焊安全技术，主要包括辐射、粉尘和有毒气体的防护，触电事故的防止和燃烧、爆炸事故的防止等方面。

一、电弧辐射的防护

1. 辐射的产生

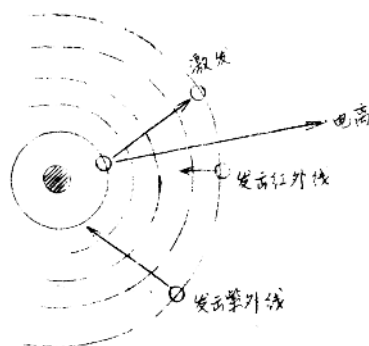
任何物质都由原子组成，原子由原子核和外层电子（电子云）组成。

原子吸收了射线的量子能，可能产生激发，即外层电子由低能

级跃迁到高能级的轨道上去，甚至脱离轨道而电离。反之，当电子由高能级回到低能级时，就把多余的能另以射线的形式放出来——这就是辐射。

电弧焊过程中气体原子主要受电弧热激发和电离，使电子发生跃迁，而电子回跳时便产生了辐射。

下图是氢原子的电离、激发及辐射过程示意。



2. 电弧辐射的种类

电弧辐射主要产生可见光、红外线和紫外线三种射线，而不会产生对人体危害较大的X射线等。

辐射强度是与电弧吸收电能、电弧大小、电弧温度分布数量有关的，它与离开电弧距离的平方成反比。

电弧辐射的波长范围在 $10^3 \sim 10^6$ 埃，其中：

红外线	$10^5 \sim 10^6$	埃
可见光	$10^3 \sim 10^5$	埃
紫外线	$10^3 \sim 10^4$	埃

3. 电弧辐射的危害

电弧焊所发出的射线比人眼所能安全忍受的光线要强上万倍。过强的可见光会造成眯眼、眩目、使视力发生变化。

红外线是热辐射线，长期受到照射，会使晶体衰退，严重的导致白内障。

紫外线能强烈地刺激和损害眼睛和皮肤，只要受外时间的照射，也可能引起眼睛发炎（俗称“电光性眼炎”）发痒的程度要看受光照的程度如何。一般是几小时之后就出现症状，首先是眼睛疼痛，有沙粒感，多泪，畏光，怕风吹，继而眼睑发炎，结膜受到感染。常常是半夜里眼睛突然剧痛，不能再入睡。皮肤受紫外线照射，先是奇痒，发红，疼痛不可触及，以后变黑、脱皮。使用惰性气体保护焊、等离子焊接、切割等电流密度高的工艺方法时，其辐射程度尤为厉害，往往在很短的时间内就可使眼睛、皮肤受损伤。

一般出现电光性眼炎的情况往往是不小心眼睛直接看过电弧光，特别是初学者，开始引弧不熟练，点火点不燃就要离开面罩用眼睛看焊条，而看的时候电弧刚好引燃，眼睛马上受到照射。也有的是施焊位置很拗，不得不用眼睛看着引弧，也有极少数个别情况是缺乏最起码的安全知识，不戴面罩烧电焊，同时注视电弧，致使眼睛受伤，这是要不得的。

4. 电弧辐射的防护

(1) 在焊接操作区严禁直视电弧

操作者和观文者都要有一定的防护措施，如都要配戴面罩和特制的滤色玻璃。有经验的焊工常常根据自己的视力选择滤色玻璃。年纪大、眼力差可以用色浅一点的。初学者可用面罩试看太阳或电灯，以看清楚太阳或点燃的60瓦灯泡的灯丝为宜。

为了防止面罩与滤色玻璃之间漏光，可在中间垫一层裨皮。

(2) 要穿着焊工专用的工作衣和电焊鞋，工作衣最好是白色的，其对射线的反射性较好，衣、帽要防止光线直接照射到皮肤，以及能防止金属和焊渣飞溅到身上。

(3) 工作场地应该用围屏或挡板与周围隔离开来。

如果有几个人在附近同时操作而又无法使用挡板隔离的话，一定要注意灵活掌握面罩，防止弧光直射或反射到眼睛里，因为强烈的电弧光对人眼的伤害无论是直射还是反射都会产生同样的后果。

(4) 注意眼睛的适当休息

焊接时间较长，使用规范较大，特别要注意中间休息。如果已经出现电光性眼炎，则应当在光线比较柔和的房间里休息，并定时点滴电光眼药水。滴用新鲜的人奶也可起到镇痛作用。

电光性眼炎一般不会留下任何后遗症。

二、呼吸系统的防护

1. 粉尘与有毒气体的产生

焊接电弧的高温能使金属产生剧烈的蒸发，焊条药皮在焊接时会产生各种气体和烟雾；它们在空间凝结和氧化形成粉尘；电弧辐射作用于空气中的氧和氮将产生臭氧(O_3)和氮氧化物(NO , NO_2)等有毒气体。

它们的强烈程度与焊接规范，焊接材料及保护气体的种类有关。

而粉尘与有毒气体之间则存在着反比关系：粉尘越高，电弧辐射越弱，有毒气体浓度越低；反之，电弧辐射越强，有毒气体浓度越高。

2 可能引起的危害

粉尘与有毒气体进入人体的途径可分为呼吸、皮肤粘膜与消化、而最主要的途径是呼吸。从呼吸吸收的毒物，不先经过肝脏的解毒作用，直接进入血流分布到全身，所以有害作用较显著，它们对生理的影响主要有以下几方面：

(1) 能强烈刺激呼吸道的

碱及碱土金属氧化物（ K_2O 、 Na_2O 等）：它们存在于作为焊条粘结剂的钾、钠水玻璃中。

钒的氧化物（ V_2O_5 ），钒一般作为合金剂加入焊条药皮。

氟化物（ CaF_2 等），作为造渣剂、稀渣剂加入焊条药皮，特别是硷性低氢焊条中含量较多。

臭氧 O_3 ，即原子态氧

受上述物质刺激，一般症状是喉干口燥，咽部发炎充血。

(2) 能引起肺水肿，肺中毒的

铅蒸气，一般在铅焊接中产生。

氧化镉，含镉材料的焊接中产生。

氮氧化物。

上述物质少量吸入不会引起严重症候，所以焊接时应控制其产生的浓度。

(3) 能引起金属热灼伤的

由于吸入了新鲜细微的金属蒸汽或金属氧化物的烟雾以后发生的一种发热反应，患者可能发高热或低热数天而退。

3. 通风——危害的有效消除措施

电弧焊接区的通风是排出粉尘和有毒气体的有效措施。

通风的方式可以是全面性的，也可以是局部性的，局部性通风的效果比较显著。

(1) 在专门的焊接车间或焊接量大，焊机集中的工作地点，应考虑全面通风，可集中安装数台轴流式风机向外排风，使车间内经常更换新鲜空气。

(2) 局部通风是在焊枪的周围安装小型通风机械，如排烟罩、排烟焊枪，强力小风机和压缩空气引射器等，及时把烟尘抽吸出去，防止局部浓度增大。

(3) 在封闭间里进行焊接时，特别要保持有效的通风，比如焊工进入容器内部焊接，最好上下都有排气口，造成良好的空气对流条件，除了使用抽吸机械外，有时还可用一根通风管把新鲜的空气送到焊工身边，但是千万不能把氧气通入，以免引起燃烧。

对于粉尘和有毒气体的最大浓度，国际焊接学会和我国有关部门都有相应的规定。一般说来，只要保证焊接场所的自然通风，有时适当使用排风抽吸机构，焊工站在上风处操作的话，呼吸系统的中毒现象即大多可防止。

这里还应着重提出，目前在机械零件当中使用的某些塑料制品，受热的以后要分解产生有毒气体。因此，在对零部件进行焊接加热之前应将它们拆除。

例如某厂有一批从国外进口的生铁三通冷水过滤器产生裂纹，需要焊补。由二个焊工持火焰予热，一人烧电焊，工作二小时以后三人相继出现头昏胸闷、心悸、等现象，直至面色惨白冷汗淋漓，

并且症状愈来愈严重。后来，拆开三通检查，发现里面有一只聚四氟乙烯塑料垫圈，是它受热分解挥发出剧毒的气体致使焊工中毒，三位焊工经过急救治疗后才脱险。

如果无法拆除焊接，也应该使用通风焊帽等专用防毒设备，同时要保证把焊接烟尘抽吸出去，以防焊工和附近其他工作人员中毒。

三、触电事故的防止

电焊工的工作性质决定了他时时刻刻与电发生联系，在某些情况下，那怕是偶然接触导体的带电部分，也可能造成致命的电击危险。因此，防止触电事故的发生是使用焊接设备中相当重要的问题。

1. 影响触电伤害程度的有关因素

触电伤害程度与通过人体电流的大小，电流通过人体的持续时间，电流通过人体的途径，电流频率以及人体的健康状况等有关。

通过人体电流的大小起着决定性的作用。工频50周交流1毫安或直流5毫安的电流通过人体就引起麻或痛觉，但自己能够摆脱电源；而当通过人体的工频交流超过25毫安或直流超过50毫安时，会使人感觉麻痹或剧痛，并且呼吸困难，自己不能摆脱电源，有生命危险。100毫安的工频电流通过人体，只要很短的时间就会使呼吸窒息、心跳停止、失去知觉而死亡。根据欧姆定律：

$$I = \frac{U}{R}$$
 可以看出，人体的总电阻对通过人体的电流大小产生很大

影响。所以，焊工应该穿着绝缘性能良好的防护品，保持身体干燥和良好的精神状态，这些都能大大增加人体总电阻。

另外，电流通过人体的持续时间愈长，通过心脏、呼吸系统和中枢神经系统的电流愈大，电流频率愈接近50~60周，以及人

体的健康状况愈差，则电击伤害的严重程度愈厉害。

通常把工频 10 毫安，直流 50 毫安看作安全电流。

有人把通过全身的电流强度分成四等，现将它们所产生的生理反应列表如下，以作参考。

等级	电流种类	电流强度	频率 (赫)	生理反应
一等	直流	80 毫安	50	持续时间不限，血压轻微升高，呼吸肌肉轻微收缩，不遗留任何痕迹。
	交流	约 25 毫安		
二等	直流	80~300 毫安	50	血压升高，呼吸肌肉收缩，心律不规则，如电流继续通过，在 25~30 秒后，发生纤维颤动。
	交流	25~80 毫安		
三等	直流	300 毫安到 3~8 安培 80~100 毫安到 3~8 安培	50	生理反应与二等电流强度相同，纤维颤动强烈，接近致命。
四等	直流	>3~8 安培	50	阻塞心脏、血液循环致死。
	交流	>3~8 安培		

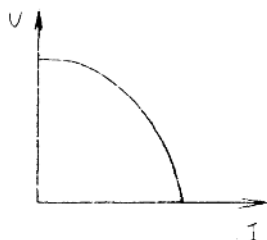
2 电焊工触电的主要原因

焊机的空载电压和意外转移在低压线路上的高压电最易引起焊工触电

(1) 空载电压电击

~8~

手工电弧焊通常使用陡降外特性的电源，如图：



为了容易引弧和保证电弧的稳定燃烧，焊接电源的空载电压要尽量高一些，但是，从经济观点来看，特别是从焊工的安全角度来考虑，空载电压愈低愈好。为了同时保证上述几点要求，目前我国用于手工电弧焊电源的空载电压，交流的在 $55 \sim 70$ 伏，直流在 $45 \sim 70$ 伏（不超过 90 伏）。工作电压则在 $20 \sim 30$ 伏左右。

有些焊工认为，焊接电源的空载电压不高，而工作电压只有 $20 \sim 30$ 伏左右，所以不可能有触电的危险，我们说这种想法是要不得的。

假设：在接触 70 伏（ 50 赫）的情况下，在一只手与两只脚之间形成了一个电路，如果接触情况良好（注意：接触愈好愈糟糕）。设接触的表面是一片，身体的电阻约 1500 欧姆，根据欧姆定律计算，通过人体的电流

$$I = \frac{U}{R} = \frac{70}{1500} = 0.047 \text{ (安)} = 47 \text{ 毫安}$$

但是，在一般情况下，电流强度达不到这个数字，因为电焊时手不可能大面积触电，而且还要加上鞋袜和接地的电阻。鞋袜的电阻很

据电压的大小、鞋底型号、潮湿程度、可以达到 $30 \sim 10000$ 欧姆。如果焊工的鞋是 10000 欧姆的电阻，例如压膜底的干燥安全鞋，站在高架起重机上，手持裸露的电极，从手到双脚的电阻为 6500 欧姆，（身体电阻 1500 欧姆，加上两鞋平行电阻 5000 欧姆）经过的电流

$$I = \frac{U}{R} = \frac{70}{6500} = 0.011 \text{ (安)} = 11 \text{ 毫安}$$

在这种情况下，焊工仅感手部轻微抽搐，但能够扔掉电极。如果焊工鞋袜潮湿，鞋底又薄，其它条件如上所述，电阻将降到 1600 欧姆，通过的电流

$$I = \frac{U}{R} = \frac{70}{1600} = 0.044 \text{ (安)} = 44 \text{ 毫安}$$

这样，焊工手部抽搐而感到瘫痪，不能够自己切断电路，危险性就增大了。

在封闭间或锅炉、管道、筒身内部进行焊接时，由于空间狭小，周围形成带电的可能性增加，身体裸露部分和汗水浸湿衣服都可能触电。

比如，一个焊工衣服被汗浸湿，又坐在无绝缘材料复盖的管子上工作，焊条如接触颈部，人体的电阻为 300 欧姆，如果是工频 70 伏，将通过 230 毫安的电流，会因心脏瘫痪而死。如果是 90 伏的直流电，电流将是 300 毫安，同样会致死。

例如 1961 年夏天某船厂一位焊工在狭小的船仓里烧电焊，由于仓内通风不好，气温较高，以致焊工大暑出汗，帆布工作衣和

皮手套全部湿透。调换焊条时，发生麻电，焊工后仰跌倒。因焊钳是自制的鸭咀式结构，夹持处无绝缘，随势落在焊工右颈部触电致死。这是一个典型的焊工触电死亡事故，分析其原因：一是焊钳没绝缘；二是焊机空载电压较高（使用 110 伏交流焊机）；三是派工不当，在狭小的仓室等处工作，要有二人操作或一个人担任“看望”；四是焊工绝缘防护失效（过渡疲劳、出汗太多等）。

可见，在一定条件下，空载电压极易引起触电。但是，即使是几毫安的弱电流，也可能因触电而使人震动以致跌倒，造成工伤事故。某化工厂有一电焊工登高电焊，因为皮鞋潮湿发生触电，人一惊，从高处跌下死亡，所以我们千万不能因电压不高而麻痹大意。

(2) 高压电的转移

目前电气设备的电压分为高压、低压和特低压三种：

高压 > 230 伏

低压 36 伏~230 伏

特低压 < 36 伏

一般焊接电源属于低压电气设备。上面已经讲过焊机的空载电压已经能造成电击的危险，如果焊接电器直接上高压电，则危险性就大大增加。引起高压电转移的情况有：

① 焊机绝缘破坏

焊机受潮，绝缘老化损坏，使初级电压直接加在次级上，造成高压转移。这类设备在使用前需用梅格表（摇表）检查其绝缘电阻是否合格，当

$$R > \frac{U}{1000 + P} = \frac{U}{1000} \quad \text{兆欧是合格的}$$

~ 11 ~