

国家职业技能鉴定培训用书

# 电焊工职业技能 鉴定教程

DIANHANGONG ZHIYE JINENG  
JIANDING JIAOCHENG

王建勋 蔡建刚 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

配模拟题答案

国家职业技能鉴定培训用书

# 电焊工职业技能鉴定教程

主 编 王建勋 蔡建刚  
参 编 宋学平 郑复晓  
      许芙蓉 贾 宁  
主 审 张鹏贤



机械工业出版社

本书是根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范——电焊工》编写的,按照规范对初级、中级、高级电焊工的知识要求和技能要求组织内容。全书共四章,包括焊前准备、焊接过程、焊后检验和技能鉴定指导,每章内容包含“应知部分”、“应会部分”和“相关链接”。应知部分主要以职业技能鉴定中的知识要求为主;应会部分主要以职业技能鉴定中的技能要求为主;相关链接为与职业技能鉴定相关的知识拓展。全书内容丰富全面,针对性强。为便于鉴定考证,书中还附有大量模拟试题并配有答案,选择本书的读者可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 网站注册免费下载。

本书可作为电焊工职业技能鉴定考核的培训教材,也可作为职业院校焊接专业、焊工班的专业教材,还可供各级焊接工程技术人员或生产人员自学和参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电焊工职业技能鉴定教程/王建勋,蔡建刚主编. —北京:机械工业出版社,2012.6

国家职业技能鉴定培训用书  
ISBN 978-7-111-34635-7

I. ①电… II. ①王…②蔡… III. ①电焊—职业技能—鉴定—教材  
IV. ①TG443

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第093598号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:齐志刚 责任编辑:齐志刚

版式设计:霍永明 责任校对:张薇

封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2012年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·23印张·574千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34635-7

定价:43.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
电话服务 网络服务

社服务中心:(010) 88361066

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.com>

封面防伪标均为盗版

# 前 言

《中华人民共和国劳动法》明确规定，国家对规定的职业制定职业技能标准，实行职业资格证书制度。

职业技能鉴定是提高劳动者素质，增强劳动者就业能力的有效措施。进行考核鉴定，并通过职业资格证书制度予以确认，为企业合理使用劳动力以及劳动者自主择业提供了依据和凭证。同时，竞争上岗，以贡献定报酬的新型劳动、分配制度，也将成为千千万万劳动者努力提高职业技能的动力。

本书根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范——电焊工》编写。全书共四章，包括焊前准备、焊接过程、焊后检验及技能鉴定指导，每章内容包括应知部分、应会部分和相关链接。

本书的编写具有以下特点：

1) 本书是由长期从事焊接教学、生产、管理及技能培训一线的，具有丰富经验的教师及工程技术人员，在总结多年职业教育、教学、培训及管理经验的基础上，按照国家对电焊工知识和技能的要求，结合各行业、企业对电焊工知识结构和能力结构的要求编写而成。

2) 本书前三章依据电焊工工作过程，按照焊前准备、焊接过程、焊后检验进行编写，每一章又分应知部分、应会部分和相关链接，既包括对理论知识的要求，又包括对实践技能的要求；既包括对初级工的要求，又包括对中级工及高级工的要求。

3) 为配合学习本教材，第4章编写了技能鉴定指导，该部分主要以模拟试题和实操考试评分标准为主，模拟试题分初级、中级和高级部分，并配有参考答案，选择本书的读者可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 网站注册免费下载。

4) 本书内容的选取既考虑了低学历层次就业培训的实际，又考虑了高学历层次双证制教学的要求，因此本书的适应面较宽，既可以作为短期就业培训、转岗培训的教材，又可以作为中、高等学校学生技能取证的培训教材。

本书由兰州石化职业技术学院王建勋教授、蔡建刚副教授担任主编，宋学平、郑复晓、许芙蓉、贾宁参编。其中，蔡建刚编写2.3、2.7、第3章，宋学平编写2.2、2.5、2.6，郑复晓编写4.1、4.2、4.3、4.6，许芙蓉编写2.4、4.4，贾宁编写2.1，其余由王建勋教授编写并统稿。主审为兰州理工大学张鹏贤教授。

本书在编写过程中查阅了大量的参考资料，在此向原作（编）者表示谢意。

限于编者的水平，书中缺点和错误在所难免，衷心地希望读者给予批评指正。

编 者

# 目 录

前言 .....	1	1.6.3 焊剂 .....	78
第1章 焊前准备 .....	1	1.7 焊接设备 .....	80
【应知部分】 .....	1	1.7.1 埋弧焊设备 .....	80
1.1 劳动保护与安全文明生产 .....	1	1.7.2 钨极氩弧焊(TIG焊)设备 .....	81
1.1.1 企业安全文明生产常识 .....	1	1.7.3 CO <sub>2</sub> 焊设备 .....	83
1.1.2 焊接安全操作常识 .....	2	1.7.4 电渣焊设备 .....	84
1.1.3 焊接劳动卫生与防护 .....	5	1.7.5 等离子弧焊设备 .....	84
1.2 焊接工具及设备 .....	8	1.8 焊接结构知识 .....	85
1.2.1 焊接中常用装焊夹具及其使用特点 .....	8	1.8.1 焊接应力与变形 .....	85
1.2.2 焊接变位机械及其使用特点 .....	10	1.8.2 焊接接头及焊接结构的强度 .....	95
1.2.3 其他辅助装置简介 .....	11	1.9 相关工种基本知识 .....	99
1.3 焊接电工基本知识 .....	12	1.9.1 钳工基本知识 .....	99
1.3.1 直流电路 .....	12	1.9.2 气焊与气割基本知识 .....	101
1.3.2 正弦交流电路 .....	21	1.9.3 冷作基本知识 .....	104
1.3.3 磁路与变压器 .....	30	1.9.4 机加工基本知识 .....	106
1.3.4 常用低压电器 .....	35	【应会部分】 .....	109
1.3.5 电工仪表及测量 .....	37	1.10 焊接工具、设备的使用与维护 .....	109
1.4 金属材料及热处理知识 .....	43	1.10.1 焊接工具的使用与维护 .....	109
1.4.1 金属材料基本知识 .....	43	1.10.2 设备的使用与维护 .....	110
1.4.2 金属的结构及同素异构转变 .....	45	1.10.3 焊接设备的故障排除 .....	111
1.4.3 铁碳合金 .....	46	1.10.4 设备的调试与验收 .....	118
1.4.4 钢铁材料的热处理 .....	47	1.11 焊接材料的使用、保管与性能试验 .....	120
1.4.5 钢 .....	48	1.11.1 焊接材料的正确使用与保管 .....	120
1.4.6 铸铁 .....	54	1.11.2 焊条的工艺性能试验 .....	121
1.4.7 有色金属 .....	55	1.11.3 焊剂与焊丝的工艺性能试验 .....	123
1.5 焊接电弧及弧焊电源 .....	56	【相关链接】 .....	123
1.5.1 焊接电弧及对弧焊电源的要求 .....	56	1.12 焊工国家职业标准 .....	123
1.5.2 弧焊变压器 .....	60	1.12.1 中华人民共和国职业技能标准《电焊工》 .....	123
1.5.3 硅弧焊整流器 .....	62	1.12.2 中华人民共和国职业技能鉴定规范《电焊工》 .....	127
1.5.4 晶闸管式弧焊整流器 .....	64	1.13 电焊机型号编制方法 .....	131
1.5.5 脉冲弧焊电源 .....	64	1.13.1 主要内容和适用范围 .....	131
1.5.6 弧焊逆变器 .....	65	1.13.2 编制原则 .....	131
1.5.7 弧焊电源的选择与安装 .....	68	1.14 材料及焊接国家标准 .....	134
1.6 焊接材料 .....	74	1.14.1 常用金属材料国家标准 .....	134
1.6.1 焊条 .....	74		
1.6.2 焊丝 .....	77		

1.14.2	常用焊接材料国家标准	134	2.6.2	中厚板的板-板对接仰焊位置 焊条电弧焊	237
1.14.3	常用焊接国家标准	135	2.6.3	薄板异种钢的板-板对接横焊或 立焊位置气体保护焊	239
<b>第2章</b>	<b>焊接过程</b>	<b>136</b>	2.6.4	薄板的板-板对接仰焊位置气体 保护焊	240
	<b>【应知部分】</b>	<b>136</b>	2.6.5	骑座式板-管T形接头垂直仰位的 气体保护焊	241
2.1	焊接冶金知识	136	2.6.6	大直径中厚壁管对接水平固定 位置焊	242
2.1.1	焊条金属的熔化及熔滴过渡	136	2.6.7	大直径中厚壁管对接水平固定或 水平转动位置气体保护焊	244
2.1.2	焊接区内气体的来源及影响	136	2.6.8	大直径厚壁管水平转动位置焊	245
2.1.3	焊缝金属的脱氧、脱硫、脱磷及 合金化	138	2.6.9	小直径薄壁管对接水平固定位置 焊条电弧焊	247
2.1.4	焊缝金属的结晶	140	2.6.10	小直径薄壁管对接水平固定位置 手工钨极氩弧焊打底焊	249
2.1.5	焊接接头的组织与性能	140	2.6.11	小直径薄壁管对接垂直固定加 障碍物焊条电弧焊	250
2.2	常用电弧焊工艺知识	143	2.6.12	小直径薄壁管对接水平固定加 障碍物手工钨极氩弧焊	251
2.2.1	焊条电弧焊工艺知识	143	2.6.13	小直径薄壁管对接45°倾斜 固定焊	253
2.2.2	埋弧焊工艺知识	146	2.6.14	小直径薄壁异种钢管对接水平固定 加障碍物焊	255
2.2.3	气体保护焊工艺知识	160	2.6.15	小直径薄壁异种钢管对接水平 固定焊	256
2.2.4	等离子弧焊与切割工艺知识	166	2.6.16	大厚度钢板对接三丝电渣焊	256
2.2.5	电渣焊工艺知识	170	2.6.17	奥氏体不锈钢复合钢板的焊接	258
2.3	常用金属材料焊接知识	171	2.6.18	复杂铸件、大型模具焊补工艺的 制订及焊补	259
2.3.1	金属焊接性及其试验	171	2.6.19	热锻模堆焊和主轴的堆焊	260
2.3.2	碳素钢的焊接	177	2.6.20	有色金属板状对接的MIG或 TIG焊	261
2.3.3	合金结构钢的焊接	179	<b>【相关链接】</b>		262
2.3.4	不锈钢、耐热钢的焊接	187	2.7	典型金属结构的焊接	262
2.3.5	异种钢的焊接	191	2.7.1	压力容器的焊接	262
2.3.6	铸铁的焊接	193	2.7.2	梁、柱结构的焊接	264
2.3.7	常用有色金属的焊接	196	2.7.3	船舶的焊接	266
<b>【应会部分】</b>		<b>199</b>	2.7.4	桁架结构的焊接	268
2.4	初级工操作技能	199	<b>第3章</b>	<b>焊后检验</b>	<b>270</b>
2.4.1	焊条电弧焊	199		<b>【应知部分】</b>	<b>270</b>
2.4.2	手工钨极氩弧焊	206	3.1	焊接结构成品检验	270
2.4.3	二氧化碳气体保护焊	210	3.1.1	焊接结构成品几何尺寸的检验	270
2.4.4	埋弧焊	213			
2.4.5	组合焊	214			
2.4.6	其他方法	215			
2.5	中级工操作技能	218			
2.5.1	焊条电弧焊	218			
2.5.2	手工钨极氩弧焊	224			
2.5.3	二氧化碳气体保护焊	227			
2.5.4	埋弧焊	231			
2.5.5	等离子弧焊	232			
2.5.6	电渣焊	233			
2.5.7	组合焊	234			
2.6	高级工操作技能	236			
2.6.1	中厚板异种钢的板-板对接横 焊或立焊位置焊条电弧焊	236			

3.1.2	焊缝外观检验	270	4.2.8	模拟试题(八)	333
3.1.3	压力试验和致密性试验	271	4.2.9	模拟试题(九)	335
3.2	焊接接头的无损探伤	274	4.2.10	模拟试题(十)	338
3.2.1	射线探伤	274	4.3	高级工知识要求部分模拟试题	340
3.2.2	超声波探伤	277	4.3.1	模拟试题(一)	340
3.2.3	磁粉探伤	279	4.3.2	模拟试题(二)	342
3.2.4	渗透探伤	281	4.3.3	模拟试题(三)	343
【应会部分】		283	4.3.4	模拟试题(四)	345
3.3	焊接接头的质量评定	283	4.3.5	模拟试题(五)	347
3.3.1	射线探伤焊缝质量评定	283	【应会部分】		348
3.3.2	超声波探伤焊缝质量评定	284	4.4	焊条电弧焊技能考核标准	348
3.3.3	焊接工艺评定	284	4.4.1	平板对接焊接质量要求及 评分标准	348
【相关链接】		287	4.4.2	管-管对接焊接质量要求及 评分标准	350
3.4	焊接接头的破坏性检验	287	4.4.3	管-板对接焊接质量要求及 评分标准	350
3.4.1	力学性能试验	287	4.4.4	T形接头焊接质量要求及 评分标准	351
3.4.2	化学成分分析及腐蚀试验	290	4.4.5	异种钢板对接横焊焊接质量 要求及评分标准	352
3.4.3	金相检验	290	4.4.6	复合钢板对接横焊焊接质量 要求及评分标准	353
3.5	相关标准简介	290	4.5	其他焊接与切割方法技能考核标准	354
3.5.1	无损探伤标准简介	290	4.5.1	低碳钢板平对接手工 CO <sub>2</sub> 焊 焊接质量要求及评分标准	354
3.5.2	焊接工艺评定标准简介	291	4.5.2	低碳钢板平对接手工 TIG 焊焊接 质量要求及评分标准	356
3.5.3	破坏性检验标准简介	291	4.5.3	低碳钢板对接埋弧焊焊接 质量要求及评分标准	357
<b>第4章 技能鉴定指导</b>		293	4.5.4	低碳钢板骑座式垂直俯位气焊 焊接质量要求及评分标准	358
【应知部分】		293	4.5.5	低碳钢板手工气割质量要求及 评分标准	359
4.1	初级工知识要求部分模拟试题	293	4.5.6	钢板手工碳弧气刨质量要求及 评分标准	360
4.1.1	模拟试题(一)	293	<b>参考文献</b>		362
4.1.2	模拟试题(二)	295			
4.1.3	模拟试题(三)	298			
4.1.4	模拟试题(四)	300			
4.1.5	模拟试题(五)	302			
4.2	中级工知识要求部分模拟试题	304			
4.2.1	模拟试题(一)	304			
4.2.2	模拟试题(二)	307			
4.2.3	模拟试题(三)	309			
4.2.4	模拟试题(四)	315			
4.2.5	模拟试题(五)	320			
4.2.6	模拟试题(六)	325			
4.2.7	模拟试题(七)	327			

# 第1章 焊前准备

## 【应知部分】

### 1.1 劳动保护与安全文明生产

#### 1.1.1 企业安全文明生产常识

##### 1. 正确执行安全技术操作规程

为了保障焊工的安全和健康，促进企业的生产安全，对从事焊接生产的焊工，必须遵守有关焊接安全操作规程，在这方面国家已制定相应的国家标准，如 GB 9448—1999《焊接与切割安全》，它主要包括以下内容：

(1) 气焊与气割安全操作规程 它包含以下内容。

- 1) 氧气瓶与乙炔瓶的安全使用。
- 2) 乙炔发生器与电石的安全使用。
- 3) 减压阀与回火保险器的安全使用。
- 4) 焊炬与割炬的安全使用。
- 5) 气焊与气割用胶管的安全使用。
- 6) 气焊与气割中的劳动保护技术。

(2) 电焊安全操作规程 它包括以下内容。

- 1) 电焊设备的安全使用。
- 2) 焊钳与焊接电缆的安全使用。
- 3) 各种焊接方法的安全技术。
- 4) 电焊作业中的劳动保护技术。

(3) 特殊条件与材料的安全操作规程 各生产单位就特殊的材料和特殊的生产条件制定有相应的安全操作技术规程，常见的有以下种类。

- 1) 钎焊安全操作技术规程。
- 2) 黄铜焊接安全操作技术规程。
- 3) 塑料焊接安全操作技术规程。
- 4) 登高焊割作业安全技术规程（注：焊工在离地面 2m 以上的地点进行焊割作业称为高空焊接作业）。
- 5) 水下焊割作业安全技术规程。
- 6) 化工、燃料容器及管道焊割作业安全技术规程。

##### 2. 按企业有关文明生产的规定，做到工作场地整洁，工件、工具摆放整齐

目前各工矿企业，普遍推行《工厂定置管理规定》，注重考评职工个人的管理意识，考核班组作业现场，具体要求如下。



- 1) 厂房门窗窗明壁净, 各种图表、标语整洁。
- 2) 按定置图归类存放物品, 标志清晰, 摆放整齐、平稳。
- 3) 保持地面平整清洁, 无积水、烟头纸屑, 无残料焊条头, 无油垢痕迹。
- 4) 应保证安全通道畅通, 无占道现象。
- 5) 工具应摆放整齐合理, 工、量具与生活用品分隔放置。
- 6) 机台常用工夹具摆放合理。
- 7) 应防止生产过程中零部件磕碰划伤, 合理配置专用工位器具。

### 1.1.2 焊接安全操作常识

#### 1. 安全用电的基本知识

在现代工业中应用的各种焊接方法, 除少数几种, 绝大部分是直接应用电能, 或是以电为动力实行焊接, 所以焊工在焊接时经常接触电源和电气设备, 可能因设备故障或操作失误等原因造成触电事故和火灾等, 所以焊接时的安全用电直接关系到个人生命和国家财产的安危。

(1) 造成触电事故的原因 造成焊工触电事故的原因很多, 但归纳起来不外乎不安全的操作行为和ari备不安全状态两个方面。

1) 属于操作行为的事故有以下几点。

① 在更换焊条、电极和焊接的操作中, 手或身体某部位接触到焊条、焊钳或焊枪的带电部分, 而脚或身体其他部分对地和金属结构间无绝缘防护。

如在金属容器、管道、锅炉、船舱或金属构架上施焊时, 或当身上大量出汗、阴雨天、在潮湿地点焊接时。

② 在接线、调节焊接参数和移动焊接设备时, 手或身体某部位碰触到接线柱、极板等带电体而造成触电。

③ 在登高焊接时, 触及低压线路或靠近高压网路引起的触电事故。

④ 利用厂房金属结构、管道、轨道、天车吊钩或其他金属体搭接作为焊接回路而发生触电事故。

2) 属于设备故障的有以下几点。

① 电焊设备罩壳漏电, 人体碰触罩壳而触电。

② 由于电焊设备或线路发生故障而引起的事故, 如焊机的火线与零线接错, 使外壳带电而造成触电事故。

③ 焊接过程中, 人体触及绝缘破损的电缆、破裂的胶木闸盒等。

(2) 预防触电事故的技术措施 人体触及带电体就会引起触电, 所以只要人不接触带电体, 或带电导体的电压很低, 或带电体与大地电位相等, 或采用漏电保护装置等措施, 就能预防触电事故的发生, 为此常采用下述措施。

1) 隔离措施。指不使人接触带电导体, 通常包括两方面安全措施。

① 安全距离。包括线路间、设备间和安全作业及检修时, 应留有一定的安全距离。

② 屏护。对带电设备或装置采用防罩壳、遮栏等方法实行隔离。

2) 绝缘措施。指把带电体用绝缘物封闭起来。

电焊设备的带电部分(如初、次级线圈间、线圈与外壳间)必须符合绝缘标准要求, 其绝缘电阻值均不得小于  $1M\Omega$ ; 对于手持式电动工具的绝缘电阻值不低于  $2M\Omega$ ; 一般低压

设备绝缘电阻值要大于  $0.5M\Omega$ 。

3) 保护接地。指将正常情况下不带电的金属壳体,用导线和接地极与大地连接起来以保障人身安全。它只适用于三相三线制的中性线、中性点不接地的供电系统。

4) 保护接零。指将正常情况下不带电的金属壳体同电网的零线可靠地连接起来,保护接零适用于三相四线制电源,中性点直接接地的配电系统是目前绝大多数企业所采用的安全措施之一。

5) 保护切断与漏电保护装置。为了防止焊接设备短路采用了保护接地或接零,但发生碰壳时的短路电流不足够大时,就不能及时使熔断器中的熔丝熔断,或使自动开关跳闸,所以仍有触电危险,为了确保人身安全,防止触电事故,还必须采用漏电保护装置,这就是目前国际上较为流行的“双保险”防触电措施,它还能预防漏电引起的电气火灾事故。常用的漏电保护装置有电压式与电流式两种。

6) 安全电压。为防止触电事故而采用的特定电源供电的电压系列,共分成 42V、36V、24V、12V、6V 五个等级,这个电压系列上限值,在任何情况下,两导体间或任一导体与地之间不得超过交流(50~500Hz)有效值 50V。

根据有关安全技术标准,对特定作业环境下的安全电压还作了如下规定。

① 对于比较干燥而触电危险较大的环境,规定安全电压为 36V。

② 对于潮湿而触电危险性又较大的环境,规定安全电压为 12V。

③ 对于水下或其他由于触电导致严重二次事故的环境,规定安全电压为 3V。

7) 焊机空载自动断电保护装置。因焊机的空载电压远大于安全电压(通常交流弧焊机  $\leq 80V$ 、直流弧焊机  $\leq 90V$ ),所以采用空载自动断电保护装置,不但可以避免更换焊条及其他辅助作业时产生触电的危险,同时还可减少空载运行时的电力损耗。

(3) 影响触电伤害程度的主要因素 影响触电伤害程度的主要因素,除了与通过人体的电流大小、持续时间和途径外,还与电流的种类、频率和人体状况有关。

## 2. 焊接设备及焊接工具的安全使用常识

(1) 焊机(弧焊电源)的安全使用要求

1) 所有交流、直流电焊机的内外壳,必须装设保护性接地或接零装置。

2) 焊机的接地装置可采用自然接地极,但氧气和乙炔管道及其他易燃、易爆物品的容器和管道,严禁作为自然接地极。

3) 自然接地极电阻超过  $4\Omega$  时,应采用人工接地极。

4) 弧焊变压器的二次线圈与焊件相接的一端也必须接地(或接零),但二次线圈一端接地或接零时,则焊件不应接地或接零。

5) 凡是在有接地或接零装置的焊件上,进行焊接时应将焊件的接地线(或接零线)暂时拆除,焊完后方可恢复。

6) 用于焊机接地或接零的导线,应当符合下列安全要求。

① 要有足够的截面积。接地线截面积一般为相线截面积的  $1/3 \sim 1/2$ ,接零线截面积的大小,应保证其容量(短路电流)大于离电焊机最近处的熔断器额定电流的 2.5 倍,或者大于相应的自动开关跳闸电流的 1.2 倍。采用铝线、铜线的最小截面积,分别不得小于  $6.4mm^2$  和  $12mm^2$ 。

② 接地或接零线必须用整根的,中间不得有接头。与焊机及接地体的连接必须牢靠,应用螺栓拧紧。在有振动的地方,应采用弹簧垫圈、防松螺帽等防松措施。固定安装的电焊

机，上述连接应采用焊接。

7) 所有电焊设备的接地（或接零）线，不得串联接入接地体或零线干线。

8) 连接接地或接零线时，应当首先将导线接到接地体或零线干线上，然后将另一端接到焊接设备外壳上，拆除接地或接零线的顺序恰好与此相反，不得颠倒顺序。

9) 焊机一般都应该装设空载自动断电保护装置；在高空、水下、容器管道内或局限性空间等处的焊接作业，焊机必须安装空载自动断电保护装置。为达到安全与节电的目的，焊机空载自动断电保护装置应满足以下基本要求：对焊机引弧无明显影响；保证焊机空载电压在安全电压之下；保护装置的最短断电延时为  $(1 \pm 0.3) \text{ s}$ ；空载损耗不高于 10%。

### (2) 焊接工具的安全使用要求

1) 焊钳和焊枪。焊钳和焊枪是焊接作业的主要工具，直接影响到焊工的人身安全，因此必须符合以下要求。

① 结构轻便，易于操作，焊条电弧焊焊钳的质量不应超过 600g，其他不应超过 700g。

② 焊钳和焊枪与电缆的连接必须简便可靠，接触良好，连接处不得外漏。

③ 要有良好的绝缘性能和隔热性能。气体保护焊枪头应用隔热材料包覆保护。焊钳由夹焊条处至握柄连接处止，间距为 150mm。

④ 要求密封性能良好。等离子焊枪应保证水冷系统密封、不漏气、不漏水。

⑤ 焊条电弧焊焊钳应保证在任何角度下能夹持焊条，而且更换焊条方便。可使焊工不必接触带电部分即迅速换焊条。

2) 焊接电缆。焊接电缆是焊机连接焊件、工作台、焊钳或焊枪等的绝缘导线，一般要求具备良好的导电能力和绝缘外皮、轻便柔软、耐油、耐热、耐腐蚀和抗机械损伤能力强等性能，操作中人体与焊接电缆接触的机会较多，因此使用时应注意下列安全要求。

① 长度适当。焊机电源与插座连接的电源线电压较高，触电危险性大，所以其长度越短越好，规定不得超过 2m，如需较长电缆时，应架空布设，严禁将电源线拖在工作现场地面上。

焊机与焊件和焊钳连接的电缆长度，应根据工作时的具体情况而定。太长会增加电压降，太短不便操作，一般以 20~30m 为宜，尽可能拉直使用。

② 截面积适当。电缆截面积应当根据焊接电流的大小和所需电缆长度进行选用，以保证电缆不致过热损坏绝缘外皮。

③ 减少接头。如需用短线接长，接头不应该超过 2 个。接头应用铜夹子作成，连接必须坚固可靠并保证绝缘良好。

④ 严禁利用厂房的金属结构、管道、轨道或其他与金属物体搭接起来作为电缆使用。也不能随使用其他不符合要求的电缆替换使用。

⑤ 不得将焊接电缆放置于电弧附近或灼热的焊缝金属旁，以免高温烫坏绝缘材料。

⑥ 横穿马路和通道时应加遮盖，避免碾压磨损等。

⑦ 焊接电缆应有较好的抗机械性损伤能力和耐油、耐热和耐蚀性等，以适应焊工工作特点。

⑧ 焊接电缆还应具有良好的导电能力和绝缘外层。

### 3. 焊接操作人员的电气安全要求

1) 做好个人防护，工作前要戴好手套、穿好绝缘鞋和工作服。

2) 工作前要检查设备、工具的绝缘层是否有破损现象，焊机接地、接零及焊机各接点

接触是否良好。

3) 推、拉电源闸刀时, 要戴绝缘手套, 动作要快, 并且站在侧面, 以防止电弧火花灼伤面部。

4) 身体出汗、衣服潮湿时切勿靠在带电的工件上。

5) 在带电的情况下, 不要将焊钳夹在腋下去搬动焊件或将电缆挂在脖子上。

6) 在狭小的舱室或容器内焊接时, 要设有监护人员。

7) 严禁利用厂房的金属结构、管道、轨道或其他金属搭起来作为导线使用。

8) 严格执行焊机规定的负载持续率, 避免焊机超负荷运行使绝缘损坏或设备烧损。

### 1.1.3 焊接劳动卫生与防护

各种焊接方法都会产生某些有害因素, 不同的焊接工艺, 其有害因素也有所不同, 但大体上有七类。其中物理因素分为: 弧光、噪声、高频电磁场、热辐射、放射线; 其他有毒物质为烟尘、有害气体。

各种焊接工艺方法在施焊过程中, 单一有害因素存在的可能性很小, 还会有上述若干其他有害因素同时存在。必须指出, 同时有几种有害因素存在, 比起单一有害因素时, 其对人体的毒性作用倍增。这是对某些看来并不超过卫生标准规定的有害因素也应当采取必要的卫生防护措施的缘故。

焊接劳动保护综合起来有以下基本特点。

1) 焊接劳动保护的主要研究对象是熔化焊, 其中明弧焊的劳动保护问题为最大, 埋弧焊、电渣焊的问题较少。

2) 药皮焊条电弧焊、碳弧气刨和  $\text{CO}_2$  气体保护焊的主要有毒因素是焊接过程中产生的烟尘——电焊烟尘。特别是焊条电弧焊和气焊, 如果在长期作业、空间狭小的环境里操作, 而且在卫生防护不良的情况下, 对呼吸系统会造成严重的危害。

3) 有害气体是气体保护电弧焊和等离子弧焊的一种主要有害因素, 浓度高的有时会引起中毒症状。其中特别是臭氧和氮化物, 它们是由电弧高温辐射作用于空气中的氧和氮而产生的。

4) 弧光辐射是所有明弧焊共同的有害因素, 由此引起的电光性眼病是明弧焊的一种特殊职业病。弧光辐射还会伤害皮肤, 使焊工患皮炎、红斑和小水泡等皮肤病。此外, 还会损坏棉织纤维。

5) 非熔化极氩弧焊和等离子弧焊, 由于电焊机设置高频振荡器帮助引弧, 所以存在有害的高频电磁场, 特别是高频振荡器工作时间较长的焊机。

由于使用钍钨棒电极, 钍为放射性物质, 所以存在射线有害因素 ( $\alpha$ 、 $\beta$  和  $\gamma$  射线), 在钍钨电极存放和进行磨尖的砂轮车间周围, 有可能造成放射性的危害。

6) 等离子弧焊接、喷涂和切割时, 产生强烈的噪声, 在防护不好的情况下, 会损伤焊工的听觉神经。

7) 有色金属气焊时的主要有害因素是熔融金属蒸发于空气中形成的氧化物烟尘和来自焊剂的有害气体。

#### 1. 有害因素的来源与危害

(1) 弧光辐射 焊接弧光辐射包括红外线、可见光和紫外线。它们是由于物体加热而产生的。例如在生产环境中, 凡是物体的温度达到  $200^\circ\text{C}$  以上时, 辐射光谱中即可出现紫外

线。随着物体温度的升高，紫外线的波长变短，其强度增大。焊接电弧的温度在 3000℃ 时可产生波长短于 290nm 的紫外线，电弧在 3200℃ 时，紫外线波长可短于 230nm，氩弧焊、等离子弧焊的温度越高，产生的紫外线波长越短。

光辐射到人体上，被体内组织吸收，引起组织的热作用、光化学作用或电离作用，致使人体组织发生急性或慢性损伤。

1) 紫外线。适量的紫外线对人体的健康是有益的，但焊接电弧产生的强烈紫外线对人体过度的照射却是有危害的。

紫外线可分为长波（400 ~ 320nm）、中波（320 ~ 275nm）和短波（275 ~ 189nm）。波长为 180 ~ 320nm 的紫外线，是有明显生物学作用的部分，尤其是 180 ~ 290nm 的紫外线，具有强烈的生物学作用。等离子弧焊的紫外线强度最大，其次是氩弧焊，焊条电弧焊最小。CO<sub>2</sub> 气体保护焊的弧光辐射是焊条电弧焊的 2 ~ 3 倍。

紫外线对人体的伤害是光化学作用，它主要造成皮肤和眼睛的伤害。

2) 红外线。红外线对人体的损害主要是引起组织的热作用。波长较长的红外线可被皮肤表面吸收，使人产生热的感觉。短波红外线可被组织吸收，使血液和深部组织灼伤。氩弧焊的红外线强度约比焊条电弧焊强 1 ~ 2 倍，而等离子弧焊又强于氩弧焊。

3) 可见光。焊接电弧的可见光线的光度较强，比肉眼正常承受的光度约大一万倍，被照射后眼睛疼痛，看不清东西，通常叫电焊“晃眼”，造成短时间内失去劳动能力。

(2) 电焊烟尘 焊接操作中的电焊烟尘包括烟和粉尘。焊条和母材金属熔融时所产生的蒸气在空气中迅速冷凝及氧化从而形成金属及其化合物的微粒，其直径小于 0.1 μm 的微粒称为烟，直径在 0.1 ~ 10 μm 的金属微粒称为金属粉尘。飘浮于空气中的粉尘和烟等微粒，统称为气溶胶。

1) 电焊烟尘的来源。所有焊接操作都产生气体和粉尘两种污染，然而焊条电弧焊的电焊烟尘危害最大。20 世纪 20 年代出现药皮焊条后，标志着焊接技术的一个重大进步。目前我国全部焊接工作量 70% 为焊条电弧焊，其焊工人数占焊工队伍的多数。但是，厚药皮焊条在焊接时，会散发出大量的电焊烟尘，因此，电焊烟尘是焊条电弧焊主要有害因素之一，应作为焊接劳动卫生工作的一个重点。

电焊烟尘的产生首先是由于焊接过程中金属元素的蒸发，焊接电弧的温度在 3500℃ 以上（弧柱区在 5000℃ 以上），在这样的高温下，必定有金属元素蒸发。其次是金属氧化物在高温作用下分解的氧对弧柱区内的金属蒸气起氧化作用，形成的氧化物除了可能留在焊缝里造成夹渣等缺陷外，还会向操作现场扩散。

焊条电弧焊的金属烟尘还来源于焊条药皮。各种型号的焊条的药皮成分变化较大，概括起来药皮的矿产化工原料主要有大理石（CaCO<sub>3</sub>）、石英（SiO<sub>2</sub>）、钛白粉（TiO<sub>2</sub>）、锰铁（FeMn）、硅铁（FeSi）、纯碱（Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>）、萤石（CaF<sub>2</sub>）以及水玻璃等。焊接时各金属元素蒸发氧化，变成各种有毒物质，呈气溶胶状态逸出，如三氧化二铁、氧化锰、二氧化硅、硅酸盐、氟化钠、氟化钙、氧化铬和氧化镍等。由于药皮的蒸发和氧化，呈气溶胶状态逸出各种有害物质，如三氧化二铁、氧化锰、二氧化硅等。

2) 电焊烟尘的危害。电焊烟尘的成分比较复杂，其主要成分是铁、硅、锰。尤其在密闭容器、锅炉、船舱和管道内焊接时，在烟尘浓度较高的情况下，如果没有相应的通风除尘措施，长期接触会对焊工的健康造成危害。

(3) 有毒气体 在焊接电弧的高温 and 强烈紫外线作用下，在电弧区周围形成多种有毒

气体，其中主要有臭氧、氧化物、一氧化碳和氟化物（氟）等。

臭氧是一种淡蓝色气体，具有刺激性气味。浓度较高时，一般呈腥臭味并略带酸味。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，往往引起咳嗽、胸闷、食欲不振、疲劳无力、头晕、全身痛等。严重时，特别在密封（闭）容器内焊接而又通风不良时，尚可引起支气管炎。另外，臭氧容易使橡胶、棉织品老化变性。

各种明弧焊都产生一氧化碳气体。CO 是一种窒息性气体，我国卫生标准规定 CO 的最高允许浓度为  $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

氟化氢主要产生于焊条电弧焊。在低氢型焊条的药皮里，通常都含有萤石（ $\text{CaF}_2$ ）和石英（ $\text{SiO}_2$ ），在电弧高温下形成氟化氢气体。这种气体为无色、易溶于水，可形成氢氟酸，其腐蚀性很强，毒性极剧烈。如果人吸入较高浓度的氟化氢气体，可立即引起眼、鼻和呼吸道粘膜的刺激症状。严重时可发生支气管炎，肺炎等。

(4) 放射性物质 氩弧焊和等离子弧焊使用的钍钨棒电极中的钍是天然放射性物质，能放出  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  三种射线。焊接操作时，其危害形式是含有钍及其衰变产物的烟尘被吸入体内，则可能引起病变，造成中枢神经系统、造血器官和消化系统的疾病，严重者发生放射病。

(5) 噪声 在等离子喷焊、喷涂和切割等工艺过程中，由于工作气体与保护气体以一定的速度流动，经压缩的等离子焰流以  $10000\text{m}/\text{min}$  的流速从喷枪口高速喷出，工作气体与保护性气体不同流速的流层之间，气流与静止的固体介质面之间，气流与空气之间都在互相作用。这种作用可以产生周期性的压力起伏和振动及摩擦，从而引起噪声。

噪声作用于中枢神经，可使神经感觉紧张、恶心、烦躁、疲倦。噪声作用于血管系统，可导致血管紧张性增加，血压增高，心跳及脉搏改变。

(6) 高温 焊接过程是应用高温热源把金属加热到熔化状态后进行连接的，所以在施焊过程中有大量的热能以辐射的形式向焊接作业环境中扩散，形成热辐射。

焊接作业场所由于焊接电弧、焊件预热以及焊条烘干等热源的存在，致使空气温度升高，其升高的程度主要取决于热源所散发的热量及环境的热条件。

## 2. 焊接卫生防护技术措施

生产劳动过程中需要进行保护，把人体同生产中的危险因素和有害、有毒因素隔离开，创造安全、卫生、舒适的劳动环境是劳动保护工作的重要内容。

(1) 通风防护措施 焊接过程中只要采取完善的防护措施，焊工只会吸入微量的烟尘和有毒气体，人体的解毒作用和排泄作用就能把毒害减少到最小，从而避免发生焊接烟尘和有毒气体中毒。

通风防护措施是消除焊接粉尘和有毒气体，改善劳动条件的有力措施。

1) 通风措施的种类和适应范围。按通风范围、通风措施可分为全面通风和局部通风。由于全面通风投资大、费用高、不能立即降低局部区域的烟雾浓度，且排烟效果不理想，因此除大型焊接车间外，一般情况下多采用局部通风措施。

2) 机械通风措施。焊接所采用的机械排气通风措施，以局部机械排气应用最广泛，使用效果好、方便、设备费用较少。

局部机械排气装置有固定式、移动式 and 随机式三种。

(2) 个人防护措施 主要指对眼、耳、鼻、身等部位的防护措施。除用工作服、手套、鞋、眼镜、口罩、头盔和护身器外，在特殊的作业场合，必须有特殊的防护措施。

1) 预防烟尘和有毒气。当在容器内焊接,特别是采用氩弧焊、二氧化碳气体保护焊或焊接有色金属时,除加强通风外,还应戴好通风焊帽。

2) 预防电弧辐射。工作时必须穿好工作服(以白色工作服最佳),戴好工作帽、手套、脚盖和面罩。在辐射强烈的作业场合如氩弧焊时,应穿耐酸呢或丝绸工作服,并戴好通风焊帽。在高温条件下焊接应穿石棉工作服及石棉作业鞋等。工作地点周围,应尽可能放置屏蔽板,以免弧光伤害他人。

3) 对高频电磁场及射线的防护。在氩弧焊接用高频弧时,会产生高频电磁场。在焊枪的焊接电缆外面套一根铜丝软管进行屏蔽。将外层绝缘的铜丝编制软管一端接在焊枪上,另一端接地,同时应在操作台附近地面上垫绝缘橡皮。

钨极氩弧焊若采用钍钨棒作电极,由于钍具有微量放射性,在一般的焊接参数和短时间操作的情况下,对人体无多大危害。但在密闭容器内焊接或选用较强的焊接电流的情况下,以及在磨尖钍钨棒的操作过程中,对人体的危害就比较大。所以,在施焊时除加强通风和穿戴防护用品外,还应戴通风焊帽;焊工应有保健待遇,最好采用无放射性危害的铈钨棒来代替钍钨棒。

4) 对噪声的防护。长时间处于噪声环境下工作的人员应戴上护耳器,以减小噪声对人的危害程度。护耳器有隔音耳罩或隔音耳塞等。耳罩虽然隔音效能优于耳塞,但体积较大,戴用稍有不便。耳塞种类很多,常用的有耳研5型橡胶耳塞,具有携带方便、经济耐用、隔音较好等优点。该耳塞的隔音效能低频为10~15dB,中频为20~30dB,高频为30~40dB。

### 3. 改革工艺和改进焊接材料

焊接作业中,劳动条件的好坏与生产工艺方法有着直接关系。改革生产工艺,使焊接操作实行机械化、自动化,不仅能降低劳动强度和提高劳动生产率,并且可以大大减少焊工接触及产生毒物的机会。通过改革生产工艺而改善劳动卫生条件,使之符合卫生要求,是消除焊接职业危害的根本措施。

用自动焊代替手工焊,可以消除强烈的弧光,并可降低有毒气体和粉尘的危害。

合理地设计焊接容器结构,减少或完全不用容器内部的焊缝,尽可能采用单面焊双面成形新工艺,以减少或避免在容器内施焊的机会。

尽量减少高锰和低氢焊条的使用量。我国已研制出一些新型号或新药皮配方的低氢型碱性焊条,这些焊条的药皮均具有低锰、低氢、低尘的特点。

## 1.2 焊接工具及设备

### 1.2.1 焊接中常用装焊夹具及其使用特点

#### 1. 对焊接夹具的要求

焊接结构装配的基本条件是定位、夹紧和测量。为了保证焊接结构装配的精度和质量,提高装配效率,防止焊接变形,焊件在装配过程中必须实现夹紧。为焊接结构装配而实现夹紧所采用的装置称为焊接夹具。

对焊接夹具的要求是:①应保证装配件的尺寸、形状的正确性;②使用与调整简便,且安装可靠;③结构简单,制造方便,成本低。

## 2. 常用装焊夹具的分类及使用特点

### (1) 按夹具所起的作用分类

- 1) 夹紧工具。用于紧固装配零件。
- 2) 压紧夹具。用于在装配时压紧焊件，使用时，夹具的一部分往往要点固焊在被装配的焊件上，焊后再除去。
- 3) 拉紧工具。其作用是将所装配的边缘拉到规定的尺寸。有杠杆、螺钉、导链等几种。
- 4) 撑具。用于扩大或撑紧装配件的一种工具，一般是利用螺钉或正反螺钉来实现。

### (2) 按夹具的作用原理不同分类

1) 螺旋压夹器。它是目前应用最广泛的一种夹紧机构，具有通用性强、结构简单、夹紧力大、使用可靠等优点。螺旋压夹器按其用途又可分为螺旋压紧器、螺旋推撑器、螺旋拉紧器、螺旋撑圆器等。

2) 凸轮及偏心夹紧器。其特点是手柄动作一次就可将工件夹紧，夹紧速度比螺旋压紧器快许多倍，但这类夹紧器行程小，压力及通用性不如螺旋压紧器大，自锁性能也不如螺旋压紧器好，一般用在振动很小以及需要夹紧力不大的场合。

3) 斜槽式夹紧器。其夹头能快速进退，有较大的往返行程，常用在要求夹紧力不大的场合。

4) 弹力夹紧器。将弹簧力转换成夹紧力来夹持工件。一般情况下，弹簧的原始力即为夹紧力。常用弹簧有圆柱螺旋弹簧、碟形弹簧、膜片式弹簧等几种。

5) 杠杆-肘节夹紧器。它是一种快速夹紧机构，其结构形式多样，通用性强，使用方便，常用于薄板金属构件，在装焊生产线上使用较多，为防止手柄作用力过大而损坏工件或夹具本身，与压头相连的杠杆刚性不应过大，最好有一定弹性。为了保证自锁，夹紧器的手柄应防止自行脱开，故最好应处于自重作用下有进一步夹紧趋势的位置上。

### (3) 按作用力的来源不同分类

1) 手动夹具。主要靠人力通过机构来实现工件的夹持，所以夹持力小，生产率低，劳动强度大。

2) 气动夹紧器。以工业压缩空气为动力源的各类夹紧机构，具有夹紧力稳定，动作迅速，便于集中控制，易实现自动作业等优点。在批量或大量生产中广泛应用，其形式较多，它可直接用气缸本身来夹紧工件，也可通过杠杆、楔、凸轮将力比改变后夹紧工件。气动夹紧器，除用于夹紧工件外，还用于整圆工件，控制和矫正焊件的变形。

3) 液压夹紧器。其结构与气动夹紧器基本相同，其主要区别是传动力媒介不同。前者为液压油，后者为压缩空气。不过液压夹紧器的夹持力要比气动夹紧器大十几倍至几十倍，且液压夹紧器动作平稳，耐冲击，结构尺寸小，常用在要求夹持力很大而空间尺寸受限制的场合。

4) 磁力夹紧器。借助磁力夹紧工件的装置。它分为永磁式和电磁式两种。永磁式夹紧器是利用永久磁铁夹紧工件，其夹紧力有限，用久后磁力将减弱，但永磁式夹具结构简单，不消耗电能，使用经济简便，宜用在夹紧力较小、不受冲击振动的场合；电磁式夹紧器是利用电磁吸力夹紧工件，夹紧力较大，但结构复杂，使用时耗费电能，不够经济方便。

5) 真空夹紧器。利用真空吸力将工件夹紧的装置。适用于夹持薄的或挠性的以及用其他方法夹紧容易引起变形或者无法夹紧的工件。



## 1.2.2 焊接变位机械及其使用特点

焊接变位机械的主要作用是改变焊件、焊机或焊工的操作位置，以实现和保证最佳的施焊位置，同时有利于实现机械化和自动化焊接生产。焊接变位机械按其作用可分为焊件变位机械、焊机变位机械和焊工变位机械三大类。

### 1. 焊件变位机械

焊件变位机械是通过改变焊件的位置，以达到和保持最佳的施焊位置。根据结构形式和承载能力不同，主要有翻转机、回转台、滚轮架、变位机等类型。可以根据焊件的结构形状、类型和工艺要求不同灵活选用。

(1) 焊接翻转机 将工件绕水平轴翻转，使之处于有利施焊位置的机械，适用于梁、柱、框架、椭圆形容器等长形工件的装配焊接。焊接翻转机种类繁多，常见的有框架式、头尾架式、链环式、链条式、液压双面式翻转机等。

(2) 焊接回转台 将焊件绕垂直轴或倾斜轴回轮的焊件变位机械，主要用于高度不大的回转体焊件的焊接、堆焊或切割工件。其工作台一般处于水平或固定在某一倾角位置，形成专用的变位机械。工作台能保证以焊接速度回转，且均匀可调。焊接回转台有固定式、移动式、倾角可调式回转台等。

(3) 焊接滚轮架 借助焊件与主动滚轮间的摩擦力带动圆筒形焊件旋转的机械装置。主要应用于回转体工件的装配与焊接，其载重可从几十千克到千吨以上。按其结构形式可分为三大类。

1) 自调式滚轮架。自调式滚轮架可根据工件的直径自动调节滚轮的中心距，获得平衡支承，使用方便。自调式滚轮架同时承压的滚轮对数多，对工件轮压小，可避免工件表面产生冷作硬化或压出印痕。主动架上所有滚轮都起驱动作用。但其结构复杂，滚轮中心离地面较高，维修保养比一般滚轮架麻烦。

2) 长轴式焊接滚轮架。这种滚轮架驱动装置布置在一侧，与一排长轴滚轮相连，另一排长轴滚轮从动。为适应不同直径筒体的焊接，从动轮与驱动轮之间的距离可以调节。由于支承的滚轮较多，适用于长度大的薄壁筒体，而且筒体在回转时不易打滑，能较方便地对准两节筒体的环向焊缝。

3) 组合式焊接滚轮架。它是一种由电动机传动的主动滚轮组架与一个或几个从动滚轮组架配合应用的滚轮架结构。该滚轮架使用方便、灵活，对焊件的适应性强，是目前焊接生产中应用较广泛的一种结构形式。

(4) 焊接变位机 焊接变位机是集翻转（或倾斜）和回转功能于一身的焊件变位机械。翻转和回转分别由两根轴驱动，夹持焊件的工作台除能绕自身轴线回转外，还能绕另一根轴作倾斜和翻转，因此，可将焊件上各种位置的焊缝调整到水平或“船形”容易施焊的位置。焊接变位机有伸缩壁式、座式和双座式等几种形式。

### 2. 焊机变位机械

焊机变位机是将焊机机头准确送达并保持在待焊位置，或是以选定的焊接速度沿规定的轨迹移动焊机机头，配合完成焊接操作的焊机机头变位机械。与焊件变位机配合使用，可以完成多种焊缝，如纵缝、环缝、对接焊缝、角焊缝及任意曲线焊缝的自动焊接工作，也可以进行工件表面的自动堆焊和切割工艺。

焊机变位机又称焊接操作机，有平台式操作机、悬臂式操作机、伸缩臂式操作机、折臂