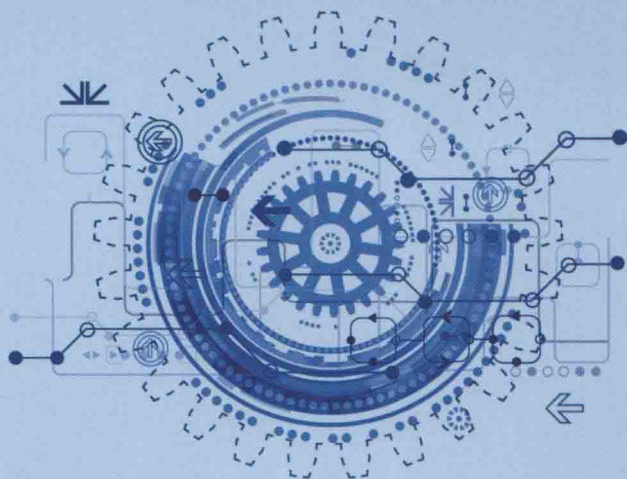


# 手工电弧焊接技术

SHOUGONG DIANHU HANJIE JISHU

王金库 卢跃云◎主编



# 手工电弧焊接技术

Shou Gong Dian Hu Han Jie Ji Shu

主 编 王金库 卢跃云

副主编 于 赞 唐 川

参 编 银青春 卢永川 徐帮学（企业专家）

审 稿 莫 虎 何景源 杨伟谦 李 军



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书以适应职业岗位需求为导向,加强实践教学,着力促进知识传授与生产实践的紧密衔接,教材重视培养学生自主的动手能力,各小组分工合作,自行制定计划,并实施,最后小组和教师总结评价,从手工电弧焊的劳动保护用品、焊接设备和焊接材料写起,按由浅入深、循序渐进的原则,讲解了焊条电弧焊的常见的工作任务。

本书主要内容包括手工电弧焊技术、低碳钢的焊接、典型金属的焊接、异种金属的焊接四大模块,每个模块下有若干教学任务,包含任务提出、能力目标、任务准备、知识链接、任务实施、任务评价等教学环节。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

手工电弧焊接技术 / 王金库, 卢跃云主编. — 北京: 北京理工大学出版社, 2015.5

ISBN 978-7-5682-0483-5

I. ①手… II. ①王… ②卢… III. ①手工焊-电弧焊-岗位培训-教材 IV. ①TG444

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 069630 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 16.25

字 数 / 412 千字

版 次 / 2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷

定 价 / 50.00 元

责任编辑 / 洪晓英

文案编辑 / 张荣君

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

---

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

《手工电弧焊接技术》教材充分考虑了中职学生的认知特点，以学生能够学会，能够掌握及工作必需为原则。力求教学内容与生产实际“零”距离，具有一定的实用性和针对性。教材编写模式新颖，将需要掌握的知识点进行分解、按单元、工作任务作为模块编写，每个学习单元对应的工作任务除了涵盖“学习目标”、“知识连接”等相关理论知识，还增加了“任务准备”、“任务实施”、“任务评价”等技能学习活动。体现了理论与实践的结合，满足了“教、学、做”的教学需要。

本书围绕焊接操作和设备检修与安装岗位的要求，参照《国家职业技能标准 电焊工》设计内容，并确定以培养焊接工程现场操作能力和组织管理能力为目标，能在理论学习内容编写上，结合企业岗位对知识目标需求以及中职学生学习认知规律，尽可能的简化或摒弃一些深奥的理论知识，以期真正做到“适用”和“够用”，从而达到学以致用的教学目标。

在教材内容的组织上，采用任务驱动的编写思路，在教材的每一个单元，首先提出具体的学习任务，使学生明确目标，产生学习的积极性；然后结合具体的实例，讲解完成任务所需要的相关知识，使学生由感性上升到理性；在任务实施环节，发挥学生自主学生的主动性，通过查阅相关资料，由学生自定实施计划，在由教师对实施计划进行指导，使学生能够顺利完成任务，增强学生的成就感。

在本教材编写过程中，我们得到了相关职业技术学院和相关企业的大力支持，教材的编审人员做了大量的工作，在此表示衷心感谢！同时，希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议。

编 者

2015年2月

# 目 录

## 第一部分 理论基础

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 课题一 焊接安全知识.....            | 1   |
| 课目一 焊接有害因素.....            | 2   |
| 课目二 焊接劳动保护与安全生产.....       | 5   |
| 课目三 焊接人身伤害的救治.....         | 16  |
| 课题二 焊条电弧焊工艺基础.....         | 23  |
| 课目一 焊条电弧焊工具及设备.....        | 24  |
| 课目二 焊条.....                | 30  |
| 课目三 焊条电弧焊工艺规范.....         | 37  |
| 课目四 焊条电弧焊操作技术.....         | 43  |
| 课目五 焊条电弧焊焊接缺陷.....         | 52  |
| 课目六 典型焊接结构的焊接顺序.....       | 60  |
| 课题三 板-板接头的焊条电弧焊工艺.....     | 65  |
| 课目一 不同厚度板-板的焊接.....        | 65  |
| 课目二 不同空间位置的板-板焊接.....      | 66  |
| 课目三 板-板对接的单面焊双面成形.....     | 78  |
| 课题四 管-管、管-板接头的焊条电弧焊工艺..... | 90  |
| 课目一 管-管接头的焊条电弧焊.....       | 90  |
| 课目二 管-板接头的焊条电弧焊.....       | 102 |
| 课题五 常用金属材料的焊条电弧焊.....      | 109 |
| 课目一 碳钢的焊接.....             | 109 |
| 课目二 低合金高强度钢焊接.....         | 113 |
| 课目三 低合金特殊用钢的焊接.....        | 119 |
| 课目四 不锈钢的焊接.....            | 126 |
| 课目五 铸铁的焊接.....             | 131 |
| 课目六 异种钢的焊接.....            | 137 |
| 课目七 铝及铝合金的焊接.....          | 140 |
| 课目八 铜及铜合金的焊接.....          | 142 |



## 第二部分 技能实训部分

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 任务一、引弧训练.....                | 148 |
| 任务二、平敷焊.....                 | 151 |
| 任务三、薄板焊接.....                | 153 |
| 任务四、I形坡口板平对接双面焊.....         | 155 |
| 任务五、I形坡口板平对接单面焊双面成形.....     | 157 |
| 任务六、V形坡口板平对接单面焊双面成形.....     | 161 |
| 任务七、平板立对接双面焊.....            | 167 |
| 任务八、小径管水平转动焊.....            | 170 |
| 任务九、T形接头平角焊.....             | 174 |
| 任务十、T形接头立角焊.....             | 180 |
| 任务十一、I形坡口平板横对接双面焊.....       | 184 |
| 任务十二、V形坡口板对接向上立焊单面焊双面成形..... | 187 |
| 任务十三、V形坡口板对接横焊单面焊双面成形.....   | 193 |
| 任务十四、小径管水平固定焊.....           | 198 |
| 任务十五、小径管垂直固定焊.....           | 202 |
| 任务十六、大径管水平固定焊.....           | 205 |
| 任务十七、大径管垂直固定焊.....           | 209 |
| 任务十八、骑坐式管板垂直俯位焊.....         | 212 |
| 任务十九、骑座式管板水平固定焊.....         | 217 |
| 任务二十、插入式管板垂直固定焊.....         | 221 |
| 任务二十一、插入式管板水平固定焊.....        | 224 |
| 任务二十二、I形坡口板对接仰焊.....         | 228 |
| 任务二十三、V形坡口板对接仰焊单面焊双面成形.....  | 229 |
| 任务二十四、管对接45° 倾斜固定焊.....      | 231 |
| 附录A 焊接工艺基础知识                 |     |
| 一、焊接工艺知识.....                | 234 |
| 二、焊缝符号表示.....                | 237 |
| 附录B 焊工国家职业标准(选摘)             |     |
| 一、职业概况.....                  | 242 |
| 二、基本要求.....                  | 243 |
| 三、工作要求.....                  | 244 |
| 四、比重表.....                   | 249 |
| 参考文献.....                    | 251 |

# 第一部分

## 理论基础

### 课题一 焊接安全知识

#### 学习目标

- ①熟知焊接有害因素的种类及其主要防止措施。
- ②了解焊接环境卫生标准，掌握焊接作业个人防护用品及其使用。
- ③掌握焊接安全用电，防火防爆，预防有害气体、烟尘及弧光辐射等安全生产技术。
- ④理解焊接安全生产检查的重要性，并能对生产场地、焊接用工具及夹具进行安全检查。
- ⑤掌握焊接人身伤害的基本救治方法和措施。

焊条电弧焊操作属于特种作业，其安全与卫生防护工作关系到焊工的人身安全和健康，同时又直接影响着焊接作业生产能否正常进行。在安全防护方面，焊接作业具有以下几个特点：

- ①焊条电弧焊使用的焊机一般情况下接220 V或380 V电网电源。
- ②焊工经常需要同各种易燃易爆气体、有毒介质、各种金属结构和电器设备接触。
- ③焊工有时需要在高空、井下、水中或容器中工作。
- ④焊接过程总是伴随着强烈的弧光、高温金属熔滴的飞溅、气体及烟尘的产生，而且焊接时焊件的温度很高。

焊接时，上述所及的不安全和不卫生的因素，在一定条件下会引起爆炸、火灾、烫伤、中毒、触电等事故，从而导致人身伤害或者造成经济损失。所以对焊工进行必要的焊接安全与防护教育，以保证安全操作，具有十分重要的意义。

## 课目一 焊接有害因素

### 一、触电

触电事故是指人体触及带电体，导致电流通过人体的电气事故。

#### 1. 电流对人体危害

电流对人体的危害有电击、电伤和电磁场生理伤害三种。

(1) 电击 电流通过人体内部时，会破坏人的心脏、肺部以及神经系统的正常功能，使人出现痉挛、呼吸窒息、心颤、心脏骤停以至危及人的生命，绝大部分触电死亡事故都是由电击造成的。

(2) 电伤 电流的热效应、化学效应或机械效应对人体外部组织造成局部伤害。

(3) 电磁场生理伤害 在高频电磁场的作用下，使人产生头晕、乏力、记忆力衰退、失眠多梦等神经系统的症状。

#### 2. 触电的类型

按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径，触电可分为单相触电、两相触电、跨步电压触电和高压触电四种类型。

(1) 单相触电 当站在地面或其他接地导体上的人，身体某一部位触及一相带电体的触电事故，称为单相触电。单相触电的危险程度与电网运行方式有关，一般情况下，接地电网的单相触电比不接地电网的危险性大。大部分焊接触电事故都是单相触电。

(2) 两相触电 当人体两处同时触及电源的任何两相带电体而发生的触电事故，称为两相触电。两相触电时，触电者所触及的电压是220 V或380 V，触电危险性很大。

(3) 跨步电压触电 当带电体接地，有电流流入地下时，电流在接地点周围地面产生电压降，人在接地点周围，两脚之间出现的电压即为跨步电压，由此引起的触电事故称为跨步电压触电。由于高压故障接地处，有大电流流过接地点周围，会出现较高的跨步电压。所以，在检查高压设备接地故障时，室内不得接近故障接地点4 m以内，室外不得接近故障接地点8 m以内，进入上述范围的人员必须穿绝缘鞋。

(4) 高压触电 在1 000 V以上的高压电气设备上，当人体过分接近带电体时，高压电能使空气击穿，电流流过人体，同时还伴有电弧产生，将触电者烧伤的触电事故，称为高压触电。高压触电事故能使触电者致残甚至死亡。

### 二、弧光辐射

电弧光中有三种对人体有害的光线，即紫外线、红外线和强烈的可见光。



### 1.紫外线

紫外线的波长为180~400  $\mu\text{m}$ 。焊条电弧焊形成的紫外线波长一般在230  $\mu\text{m}$ 左右,氩弧焊时紫外线辐射光谱在390  $\mu\text{m}$ 以下。

紫外线的作业强度随焊接方法不同而不同。如,钨极氩弧焊比焊条电弧焊大5倍,熔化极氩弧焊比焊条电弧焊大20~30倍,等离子弧焊的紫外线强度比氩弧焊还高,尤其是产生强烈生物学作用的短波紫外线(290  $\mu\text{m}$ 以下)的强度较强。

紫外线照射可引起皮炎、弥漫性红斑,有时出现小水泡、渗出液和水肿,有烧灼发痒的感觉,甚至蜕皮。过度照射可引起眼睛的急性角膜炎,又称为电光性眼炎。

### 2.红外线

红外线的波长是760~15 000  $\mu\text{m}$ ,焊条电弧焊时,可以产生全部上述波长的红外线。红外线波长越短,对人体的作用越强,长波的红外线被皮肤表面吸收,使人产生热的感觉,短波红外线被皮肤组织吸收后,可使血液和深部组织加热,产生灼伤。眼睛长期在短波红外线的照射下,可产生红外线白内障和视网膜灼伤。

### 3.可见光线

焊接电弧的可见光线光度,比正常情况下肉眼所承受的光度高1万倍以上,眼睛受到可见光照射时,有疼痛感,一时看不清东西,通常叫电弧“晃眼”,短时间丧失劳动力,但不久即可恢复。但需注意,长时间照射可见光线会引起视力下降。

## 三、焊接烟尘

焊接烟尘的浓度及成分主要取决于焊接方法、焊接材料及焊接参数。焊接烟尘可造成焊工尘肺、锰中毒和金属烟热等危害。

### 1.焊工尘肺

焊工尘肺是焊接烟尘及有毒气体被焊工吸入超过一定量时,引起肺组织弥漫性、纤维化病变所致的疾病。焊工尘肺的发病一般比较缓慢,多在接触焊接烟尘后10年,有的长达10~20年以上。焊工尘肺主要发生在呼吸系统,其主要症状表现为气短、咳痰、胸闷和胸疼等,有时也表现为身体无力、食欲减退、体重减轻以及神经衰弱等。

### 2.锰中毒

焊接过程中,锰蒸气在空气中能很快氧化成灰色的一氧化锰及红色的四氧化三锰烟雾,长期吸入超过允许浓度的锰及其化合物的微粒和蒸气,可患上职业性锰中毒。锰中毒主要发生在高锰焊条以及高锰钢的焊接过程中,锰中毒的发病率缓慢,一般在2年以上。锰中毒早期表现为易疲劳、头痛、头晕、瞌睡、记忆差以及自主神经功能紊乱,如舌、眼和手指有细微震颤,转身和下蹲

困难等。

### 3. 金属烟热

金属烟热反应是焊接烟尘中的氧化铁、氧化锰微粒和氟化物等物质通过上呼吸道进入末梢细支气管和肺泡，再进入体内。金属烟热主要症状是工作后寒战，继而发烧、疲倦，口内有金属味，恶心、喉痒、呼吸困难、胸痛和食欲不振等。焊接过程中，碱性焊条比酸性焊条容易产生金属烟热反应。

## 四、有毒气体

焊接或切割作业中，由于电弧的辐射作用，会产生臭氧、氮氧化物、一氧化碳、二氧化碳和氟化氢等有害气体。

### 1. 臭氧

空气中的氧，在短波紫外线的激发下，被大量破坏而生成臭氧。臭氧具有刺激性，是一种淡蓝色的有毒气体。焊条电弧焊产生臭氧浓度较低，氩弧焊、等离子弧焊产生臭氧量多。人体超量吸入臭氧时，会引起咳嗽、胸闷、乏力、头晕和全身酸痛等，严重时还会引起支气管炎。

### 2. 氮氧化物

电焊烟气中的氮氧化物主要为焊接过程中焊接电弧高温使空气中的氧、氮分子重新组合而形成的二氧化氮和一氧化氮。人体吸入氮氧化物后容易引起激烈咳嗽，出现全身无力和呼吸困难等症状。

### 3. 一氧化碳

一氧化碳气体是无色、无臭、无刺激性的窒息性气体，一氧化碳经肺泡进入血液，与血红蛋白结合，使组织缺氧。另外，一氧化碳直接抑制细胞内呼吸，造成内窒息。中枢神经对缺氧特别敏感，人体过量吸入一氧化碳会出现头痛、耳鸣、眼花、呕吐、面色苍白和四肢无力等症状，重者意识模糊，甚至死亡。各种明弧焊都会产一氧化碳气体，其中二氧化碳气体保护焊产生的一氧化碳气浓度最高。

### 4. 氟化氢

碱性焊条在焊接过程中，会有氟化物产生，焊工长期吸入氟化物气体，对眼、鼻和呼吸道黏膜产生刺激，引起鼻腔和黏膜充血、干燥及鼻腔溃疡，严重时可以发生支气管炎及肺炎。长期接触氟化氢可导致骨质病变，形成骨硬化，尤以脊柱、骨盆等躯干骨最为显著。

## 五、其他有害因素

### 1. 噪声

在无防护的情况下，噪声可以引起听觉障碍、噪声性外伤、耳聋等症状。长期接触噪声会引起中枢神经系统和血液等系统失调，出现厌倦、烦躁、血压升高、心跳过速等症状。此外，噪声还会引起内分泌失调、流产和其他内分泌腺功能紊乱现象。在噪声的作用下，工人对蓝色光、绿色光视野扩大而对全红

色光的视野缩小, 视力清晰度减弱。国家标准规定, 工业企业噪声不得超过85 dB (在8 h连续工作)。

## 2. 射线

在钨极氩弧焊和等离子弧焊时, 使用的电极是钍钨电极, 其中钍是天然放射性物质, 能放出 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 三种射线。焊接过程中, 其危害形式是钍及其衰变产物的烟尘被吸入人体后, 很难排出体外, 因而形成体内照射, 三种射线中 $\gamma$ 射线穿透较强, 危害最大。人体长期受放射线照射, 或放射性物质经常少量进入体内积蓄, 可造成中枢神经系统、造血器官和消化系统疾病。

一般焊接场合下, 放射性都低于国家允许的最高允许剂量。但下述两种情况必须注意: 一是在容器内部焊接, 二是在磨削钍钨极的地方, 放射性气溶胶和放射性粉尘浓度可能超过国家规定的卫生标准。

## 3. 高频电磁场

在非熔化极氩弧焊和等离子弧焊割作业时, 常用高频振荡器激发引燃电弧, 有的交流氩弧焊机也用高频振荡器来稳定电弧。人体在高频电磁场的作用下, 能吸收一定的辐射能量, 产生生物学效应(热作用)。

焊工长期接触高频电磁场, 能引起自主神经功能紊乱和神经衰弱, 表现为全身不适、头昏、疲乏、食欲不振、失眠及血压偏低等症状。高频电还会使焊工产生一定的麻电现象, 这在高空作业时是非常危险的, 所以在高处焊割作业过程中, 不准使用高频振荡器。

## 4. 熔渣和飞溅金属

焊接熔渣及飞溅金属, 在冷却前有1000℃以上的高温, 如不加强防护, 会烫伤皮肤和眼睛。

# 课目二 焊接劳动保护与安全生产

## 一、焊接环境卫生标准

焊接现场空气中是否洁净、有毒成分是否超标, 对于维护焊工的身体健康非常重要。正常人对空气的需要量为: 轻工作时为 $1.6\text{ m}^3/\text{h}$ , 重工作时约为 $2.5\text{ m}^3/\text{h}$ 。为达到焊接环境卫生标准要求, 应在焊接作业场所采取以下必要的通风措施:

①应根据焊接的作业环境、焊接工作量、焊条(剂)种类、作业分散程度等情况, 采取不同的通风排烟尘措施(如全面通风换气、局部通风、小型电焊排烟机组等)或采用各种送气面罩, 以保证焊工作业点的空气质量符合有关规定。

②当焊接作业的室内的净高度低于3.5~4 m, 或焊工平均工作空间小于 $200\text{ m}^3$ , 或工作间(室、舱、柜等)内部结构影响空气流通而使焊接工作点的烟尘、有害气体浓度超过表1-1规定时, 应采用全面通风换气。

表1-1 焊接环境空气中有害物质允许浓度

| 有害物质名称                  | 最高允许浓度<br>/( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) | 有害物质名称                          | 最高允许浓度<br>/( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) |
|-------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|
| 金属汞                     | 0.01                                         | 硫化铅                             | 0.5                                          |
| 氟化氢及氟化物(换算成氟)           | 1                                            | 一氧化碳                            | 30.0                                         |
| 臭氧                      | 0.3                                          | 钨                               | 4.6                                          |
| 氧化氮(换算成 $\text{NO}_2$ ) | 5                                            | 铍及其化合物                          | 0.001                                        |
| 氧化锌                     | 5                                            | 锆及其化合物                          | 5                                            |
| 氧化镉                     | 0.1                                          | 锰及其化合物(换算成 $\text{MnO}_2$ )     | 0.2                                          |
| 砷化氢                     | 0.3                                          | 铬酸盐( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )  | 0.1                                          |
| 铅烟                      | 0.03                                         | 质量分数为 10% 以上的 $\text{SiO}_2$ 粉尘 | 2.0                                          |
| 铅金属、含铅漆料铅尘              | 0.05                                         | 质量分数为 10% 以下的 $\text{SiO}_2$ 粉尘 | 10.0                                         |
| 氧化铁                     | 10.0                                         | 其他粉尘                            | 10.0                                         |

③ 全面通风换气量要求保持焊工平均通风量不低于  $57 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

④ 采用局部通风或小型通风机组等换气方式，其罩口风量、风速应该根据罩口至焊接作业点的控制距离及控制风速来计算。罩口风速应大于  $0.5 \text{ m/s}$ ，并使罩口尽可能接近作业点，使用固定罩口时的控制风速不小于  $1\sim 2 \text{ m/s}$ 。

⑤ 采用抽风式工作台，其工作台上网格筛板上的抽风量应均匀分布，并保持工作台面积抽风量大于  $3\ 600 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

⑥ 焊炬上装的烟气吸收器，应能连续抽出焊接烟气。

⑦ 在狭窄、局部空间内焊接、切割时，应采取局部通风换气措施，防止工作空间内集聚有害或窒息气体伤人，同时，还要设专人负责监护焊工的人身安全。

⑧ 焊接、切割工作如遇到粉尘和有害烟气又无法采用局部通风措施时，则应选用送风呼吸器。

⑨ 通风除尘设施应保证工作地点环境的机械噪声值不超过声压  $85 \text{ dB}$ 。

## 二、焊接作业个人防护用品及使用

焊接作业的个人防护措施主要是对头、面、眼睛、耳、呼吸道、手、身躯等方面的人身防护。焊工在现场施焊，为了安全，必须按国家规定，穿戴好防护用品。焊工的防护用品较多，主要有防护面罩、头盔、防护眼镜、防噪声耳塞、安全帽、工作服、耳罩、手套、绝缘鞋、防尘口罩、安全带、防毒面具及披肩等。

### 1. 防护用品的种类

#### (1) 焊接面罩

焊接面罩是一种用来防止焊接飞溅、弧光及其他辐射对焊工面部及颈部损伤的一种遮盖工具。常用的面罩有手持式面罩（如图1-1）和头盔式面罩两种。焊接面罩上装有

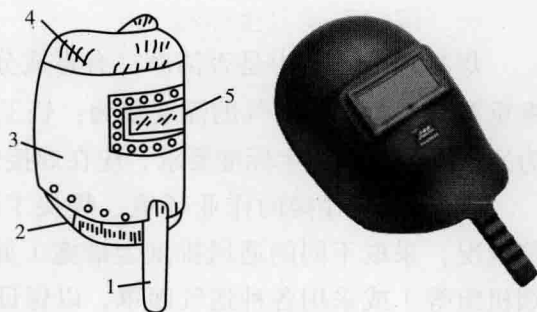


图1-1 手持式焊接面罩

1—手柄；2—下弯面；3—面罩主体；  
4—上弯面；5—观察窗

用以遮蔽焊接有害光线的黑玻璃，黑玻璃上可以有各种添加剂和色泽。目前以墨绿色居多，为图1-1改善保护效果，受光面可以镀铬。

头盔式面罩又分为普通头盔式面罩（如图1-2）、封闭隔离式送风焊工头盔式面罩（如图1-3）和输气式防护焊工头盔式面罩（如图1-4）三种。头戴式面罩用于各类电弧焊或登高焊接作业，其重量不应超过500 g。

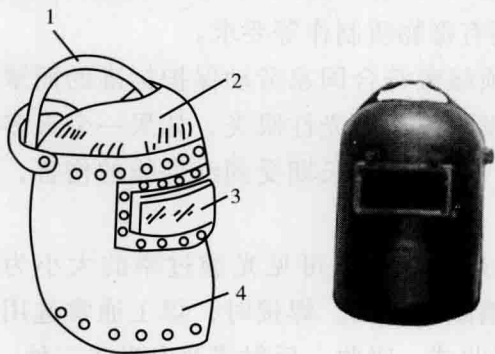


图1-2 普通头盔式面罩

1—头箍；2—上弯面；  
3—观察窗；4—面罩主体

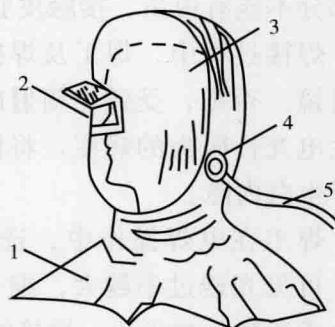
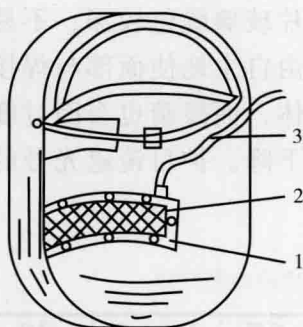
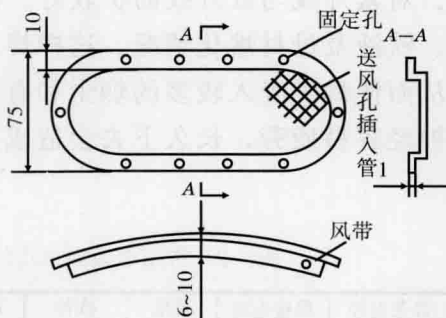


图1-3 封闭隔离式送风焊工头盔面罩

1—披肩；2—观察窗；3—面盾；  
4—呼吸阀；5—送风管



(a)



(b)

图1-4 输气式防护焊工头盔式面罩

(a) 结构示意图；(b) 送风带构造示意图

1—送风孔；2—小孔；3—送风管

普通头盔式面罩戴在焊工头上，面罩主体可以上下翻动，便于焊工双手操作，尤其适用于高空作业（焊工一手握住固定物保持身体稳定，另一只手握焊钳进行焊接）。

封闭隔离式送风焊工头盔式面罩主要应用在高温、弧光强、发尘量高的焊接与切割作业。如 $\text{CO}_2$ 气体保护焊、氩弧焊、空气碳弧气刨、等离子弧切割及仰焊等，在焊接过程中，其头盔能使焊工呼吸畅通，既防尘又防毒。不足之处是价位较高，设备较复杂（有送风系统），焊工行动受送风管长度限制。



输气式防护焊工头盔式面罩主要用于熔化极氩弧焊，该头盔有新鲜空气连续不断地供给眼、鼻、口处，特别是在密闭的空间内焊接，能够隔离氩弧焊产生的臭氧及大量烟尘，从而起到保护作用。

(2) 防护眼镜

焊工用防护眼镜，包括滤光玻璃（黑色玻璃）和防护白玻璃两层，它除与普通防护镜片有相同的滤光要求外，还应满足镜框受热后镜片不脱落、接触面部部分不能有锐角、接触皮肤部分不能用有毒物质制作等要求。

焊接过程中，焊工及焊接辅助工必须佩戴符合国家劳动保护标准的面罩和护目镜。否则，受弧光辐射的伤害，会发生急性电光性眼炎，如果一个人多次发生电光性眼炎的病症，将使视力下降，也可能因长期受到红外线的伤害，眼睛产生白内障。

焊工在电焊操作中，选择滤光片的遮光编号以可见光透过率的大小为依据，可见光透过率越大，编号越小，玻璃颜色越浅。焊接时，焊工通常选用黄绿色或蓝绿色滤光片。焊接滤光片分为吸收式、吸收—反射式及电光式三种。

焊工在选择滤光片时，主要依据焊接电流的大小、焊接方法、照明强弱及焊工本人视力好坏等来选择滤光片的遮光号。选择小号的滤光片，焊接过程看得比较清楚，但紫外线、红外线防护不好，会伤害焊工眼睛。如果选择大号的滤光片，对紫外线与红外线防护较好，滤光片玻璃颜色较深，不易看清熔池中的熔渣、铁液及母材熔化情况，这样焊工不由自主地使面部与焊接熔池的距离缩短，从而使焊工吸入较多的烟尘和有毒气体，而眼睛也会因过度集中观察熔池，视神经容易疲劳，长久下去会造成视力下降。护目镜遮光号的选择可参见表1-2。

表1-2 常用电弧焊方法的护目镜遮光号选择

| 焊接方法          | 焊条直径/mm | 焊接电流/A   | 最低遮光号 | 推荐遮光号 | 焊接方法   | 板厚/mm  | 焊接电流/A  | 最低遮光号 | 推荐遮光号 |
|---------------|---------|----------|-------|-------|--------|--------|---------|-------|-------|
| 焊条电弧焊         | <2.5    | <60      | 7     | —     | 等离子弧焊  | —      | <20     | 6     | 6~8   |
|               | 2.5~4   | 60~160   | 8     | 10    |        |        | 20~100  | 8     | 10    |
|               | 4~6.4   | 160~250  | 10    | 12    |        |        | 100~400 | 10    | 12    |
|               | >6.4    | 250~550  | 11    | 14    |        |        | 400~800 | 11    | 14    |
| 气体保护焊及药芯焊丝电弧焊 | —       | <60      | 7     | —     | 等离子弧切割 | —      | <30     | 8     | 9     |
|               |         | 60~160   | 10    | 11    |        |        | 300~400 | 9     | 12    |
|               |         | 160~250  | 10    | 12    |        |        | 400~800 | 10    | 14    |
|               |         | 250~500  | 10    | 14    | 气焊     | <3     | —       | —     | 4或5   |
| 钨极惰性气体保护焊     | —       | <50      | 8     | 10    |        | 3~13   |         |       | 5或6   |
|               |         | 50~100   | 8     | 12    |        | >13    |         |       | 6或8   |
|               |         | 100~500  | 10    | 14    | 气割     | <25    | —       | —     | 3或4   |
| 空气碳弧切割        | —       | <500     | 10    | 12    |        | 25~150 |         |       | 4或5   |
|               |         | 500~1000 | 11    | 14    |        | >150   |         |       | 5或6   |

如果焊接、切割中的电流较大，而又没有遮光号大的滤光片时，可将两片遮光号小的滤光片叠起来使用。把一片号大的滤光片换成2个号小的滤光片可按

$N=(n_1+n_2)-1$ 计算(式中 $N$ 为1个滤光片的遮光号,  $n_1$ 、 $n_2$ 分别为2个号小的滤光片遮光号)。

另外,在焊接、切割的打磨坡口、清除焊渣等工作中,应使用不容易破碎的防渣眼镜。

### (3) 防噪声保护用品

个人防噪声防护用品主要有耳塞、耳罩及防噪声棉等。最常用的是耳塞、耳罩,最简单的是在耳内塞棉花。

耳罩对高频噪声有良好的隔离作用,平均可以隔离噪声值为15~30 dB。

耳塞是插入外耳道最简便的护耳器,耳塞的平均隔噪声值为15~25 dB。

### (4) 工作服

焊工用工作服主要起隔热、反射和吸收等屏蔽作用,从而使焊工身体免受焊接热辐射和飞溅物的伤害。焊工的工作服应该根据焊接与切割的工作特点来选用。焊工最常用的工作服是棉白帆布工作服。白色对弧光有反射作用,棉帆布隔热、耐磨、不易燃烧,可防止烧伤。焊接与切割作业的工作服,不能用一般合成纤维织物制作。

### (5) 焊工手套

焊工手套是保护焊工手臂不受损伤和防止触电的专用护具。一般为牛(猪)绒面革制手套或棉帆布和皮革合制材料制成,具有绝缘、抗辐射、隔热、耐磨、阻燃、防金属飞溅物反弹等作用。在可能导电的焊接场所工作时,所用手套应经耐电压5 000 V试验,合格后方能使用。

### (6) 焊工绝缘鞋及鞋盖

焊接过程中,焊工必须穿绝缘工作鞋。工作鞋应是耐热、不容易燃烧、耐磨、防滑的高度绝缘鞋。焊工绝缘鞋使用前,需经耐电压试验5 000 V合格,在有积水的地面上焊接时,焊工绝缘鞋必须是经耐电压试验6 000 V合格的防水橡胶鞋。工作鞋鞋底应为粘胶底或橡胶底,鞋底不得有鞋钉。

焊接过程中,强烈的焊接飞溅物坠地后,四处飞溅。为了保护脚不被高温飞溅物烫伤,焊工除了要穿绝缘工作鞋外,还要系好鞋盖。鞋盖只起隔离高温焊接飞溅物的作用,通常用帆布或皮革制作。

### (7) 防尘口罩和防毒面具

焊工在焊接与切割过程中,当采用整体或局部通风尚不足以使烟尘浓度或有毒气体降低到卫生标准以下时,必须佩戴合格的防尘口罩或防毒面具。

防尘口罩有隔离式和过滤式两大类,每类又分为自吸式和送风式两种。隔离式防尘口罩将人的呼吸道与作业环境相隔离,通过导管或压缩空气将干净的空气送到焊工的口和鼻孔处供呼吸。过滤式防尘口罩通过过滤介质将粉尘过滤干净,使焊工呼吸到干净的空气。

防毒面具通常可以采用送风焊工头盔来代替。焊接作业中,焊工可以采用

软管式呼吸器，也可以采用过滤式防毒面具。

#### (8) 其他防护用品

① 电弧焊、切割工作场所，由于弧光辐射，焊渣飞溅，影响周围视线，应设置弧光防护室或护屏。护屏应选用不燃材料制成，其表面应涂上黑色或深灰色油漆，高度不应低于1.8 m，下部应留有25 cm流通空气的空隙。

② 焊工在登高或在可能发生坠落的场合进行焊接、切割时，所用的安全带应符合GB720和GB721《安全带》的耐高温、不容易燃烧要求，安全带上安全绳的挂钩应挂牢。安全带高挂低用，严禁低挂高用。

③ 在高层交叉作业（或立体上下垂直作业）现场，为了预防高空和外界飞来物的危害，焊工应佩戴安全帽。焊工用的安全帽应符合GB 2811—2007《安全帽》的要求，每次使用前都要仔细检查各部分是否完好，是否有裂纹。佩戴前要调整好帽箍的松紧程度和帽衬与帽顶内的垂直距离。一般情况下，帽衬与帽顶内的垂直距离应保持在20~50 mm。

④ 焊工使用的工具袋、桶应完好无孔洞，焊工常用的锤子、渣铲、钢丝刷等工具应连接牢固。

⑤ 焊工所用的移动式照明灯具的电源线，应采用YQ或YQW型橡胶套绝缘电缆，导线完好无破损，灯具开关无漏电。电压的大小应根据现场的情况确定，或用12V的安全电压，灯具的灯泡应有金属网罩防护。

#### 2. 劳保用品的正确使用

① 正确穿戴工作服。穿工作服时要把衣领和袖子扣好，上衣不应扎在工作裤里边，工作服不应有破损、孔洞和缝隙，不允许粘有油脂或穿着潮湿的工作服。

② 在仰焊、切割时，为了避免火星、熔渣从高处溅落到头部和肩上，焊工应在颈部围毛巾，穿着用阻燃材料制成的护肩、长套袖、围裙和鞋盖。

③ 焊工手套和焊工绝缘鞋不应潮湿和破损。

④ 要正确地选择焊接面罩上护目镜的遮光号以及气焊、气割防护镜的眼镜片。

⑤ 采用输气式头盔或送风头盔时，应经常使口罩内保持适当的正压，若在寒冷季节应将空气适当加温后再供人使用。

⑥ 佩戴各种耳塞时，要将耳塞轻轻推入外耳道内，使它和耳道贴合，不要使劲太猛或塞得太紧。

⑦ 使用耳罩时，应先检查外壳有无裂纹和漏气，佩戴时应使耳罩软垫圈与周围皮肤贴合。

⑧ 在特殊环境（如登高、高层交叉）下进行焊接作业，应配备必要的安全防护装置，如安全带、安全帽等。

### 三、焊接安全生产技术

#### 1. 安全用电

焊接过程中,空载电压越高,引弧越容易,但过高的空载电压对焊工安全不利。目前,我国焊条电弧焊电源的空载电压一般为50~90 V;氩弧焊、CO<sub>2</sub>焊电源的空载电压为65 V左右;埋弧焊电源的空载电压一般为70~90 V;等离子弧切割电源的空载电压高达300~450 V,所有焊接电源的输入电压均为220/380 V、50 Hz的工频交流电,因此,触电的危险性较大。

##### (1) 焊接触电原因

发生焊接触电事故的原因可以分为直接接触和间接触电两种。

直接接触及焊接设备或靠近高压电网及电气设备而发生的触电,称为直接触电。发生直接触电的主要原因有:

- ① 更换焊条、电极或焊接时,焊工赤手或身体接触到焊条、焊钳或焊枪的带电部分,而脚或身体其他部位与地或焊件之间无绝缘防护;
- ② 焊工在金属容器、管道、锅炉、船舱或金属结构内部施工时,没有绝缘防护或绝缘防护用品不合格;
- ③ 焊工身体大量出汗或在阴雨天和潮湿的地方进行焊接作业时,没有穿戴绝缘防护用品或绝缘防护用品不合格;
- ④ 带电接线、带电调节焊接电流或带电移动焊接设备;
- ⑤ 登高焊接作业时,身体触及低压线路或靠近高压电网。

触及意外带电体所发生的触电,称为间接触电。意外带电体是指正常情况下不带电,但由于绝缘损坏或电气设备发生故障等原因而带电的导体。发生间接触电的原因有:

- ① 焊接设备的绝缘意外烧损或机械损伤(导电线圈潮湿、绝缘损坏、焊机长时期超负荷运行或短路时间过长,使绝缘能力降低,烧损而漏电;焊机遭受振动、碰击而使绝缘损坏;工作现场混乱,掉进金属物品造成短路)导致绝缘损伤部位碰到焊接设备外壳,人体触及外壳而引起触电;
- ② 焊机的相线及零线错接,使外壳带电;
- ③ 焊接过程中,人体触及绝缘破损的电缆、胶木电闸带电部分等;
- ④ 利用厂房的金属结构、轨道、管道、天车吊钩或其他金属材料拼接件,作为焊接回路而发生的触电事故。

##### (2) 触电与焊接作业环境

环境状态直接关系到人类生存条件和人的身体健康。国家规定:对新建、改扩建、续建的工业企业必须把各种有害因素的治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。焊接作业环境,按照可能发生触电的危险性大小,可分为普通、危险和特别危险三大类。

同时具备以下三个条件的环境为普通环境。