

$CO_2$  保 护

消耗电极电弧焊

A. A. 史密斯著

国防工业出版社

# $\text{CO}_2$ 保护消耗电极电弧焊

A. A. 史密斯著

匡映东译

国防工业出版社

1964

## 内 容 简 介

本书作者根据英国焊接研究协会 (British Welding Research Association) 几年来的研究试验结果对二氧化碳保护消耗电极电弧焊的过程特性、所用设备与材料、焊接不同材料 (软钢、合金钢、不锈钢) 时的方法、应用范围、焊接缺陷及其产生原因等作了论述。还介绍了特殊的二氧化碳保护焊接方法, 包括二氧化碳点焊、二氧化碳与焊剂联合保护焊、二氧化碳-氩气混合气体保护焊以及放射性涂料焊条二氧化碳保护焊。书末附有二氧化碳保护焊时的安全技术知识。

本书可供焊接专业方面的工程技术人员和生产工人使用, 亦可供科研工作者和大专院校有关专业的师生参考。

## CO<sub>2</sub> SHIELDED CONSUMABLE ELECTRODE ARC WELDING

A. A. Smith

BRITISH WELDING RESEARCH ASSOCIATION

1962

\*

## CO<sub>2</sub> 保护消耗电极电弧焊

匡映东 译

\*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

\*

850×1168  $1/32$  印张  $3\frac{1}{2}$  90千字

1964年5月第一版 1964年5月第一次印刷 印数: 0,001—3,500册

统一书号: 15034·781 定价: (科八-1)0.75 元

# 目 录

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 原书序 .....                                  | 4   |
| 导 论 .....                                  | 5   |
| 第一章 二氧化碳保护焊的过程特性 .....                     | 15  |
| 第二章 CO <sub>2</sub> 保护焊所用的设备与材料 .....      | 38  |
| 第三章 软钢的焊接 .....                            | 62  |
| 第四章 CO <sub>2</sub> 保护焊的应用 .....           | 80  |
| 第五章 焊接缺陷及其产生原因 .....                       | 85  |
| 第六章 CO <sub>2</sub> 保护焊是一种低氢焊接法 .....      | 86  |
| 第七章 特殊的CO <sub>2</sub> 焊接法 .....           | 98  |
| 第八章 使用CO <sub>2</sub> 保护焊时的卫生和技术安全问题 ..... | 105 |

## 原 书 序

沒有一种新的焊接方法能像二氧化碳保护焊那样在工业界得到如此迅速的响应。本研究协会在过去两年内从事的研究课题中，几乎有三分之一的研究是与这种焊接方法有关的，因此出版一本阐述  $\text{CO}_2$  保护焊的理论与实践方面的权威性著作，就日益显得有必要。本书的目的，在于帮助那些已经开始用这种方法解决生产问题的人们，以及那些正在考虑从这种方法中获益的人们。

本书内容纯粹是属于技术性质的，并不是讨论这种方法的经济性。理由很简单，因为后者在极大的程度上取决于使用时的具体条件。某个工厂利用这种方法可能取得很大的节约，但是在另一个工厂，却因组织规模或者生产水平的不同，采用  $\text{CO}_2$  焊接也许在经济上并无好处。因此，希望读者将本书中的技术数据应用到某一特定场合中去时，对于这种方法所能提供的经济效果应有一个正确的评价。

书中的材料绝大部分，虽然不是全部，来自本研究协会的实验室。当然，在编写过程中还参考了其他的材料，对于那些在讨论时提供了宝贵意见的会员厂家的代表们，他们有人是焊接设备或保护气体的制造者，有人在生产中应用这种焊接方法方面已经积累了大量的实际经验，在这里谨向他们致以谢意。

感谢前供给部飞机生产发展分部和 Distillers 公司，他们在过去若干年内曾对二氧化碳保护焊的某些特殊问题的研究提供过大量的财政支助。这些研究结果将在本书中一并发表。

虽然在编写本书时力求做到尽可能清晰和完整地反映当前的技术水平，但是显然仍不能满足读者需要。就某些方面而论，这种方法还处于继续发展和变化的阶段，亟待今后进一步加以研究。然而考虑到工业上的需要，现在出版这样一本手册虽然有很大的局限性，但总要比花五年时间出版一本完善的巨著更为实用。希望再版时能有机会把新的材料补充进去。

英国焊接研究协会理事长

Richard Week

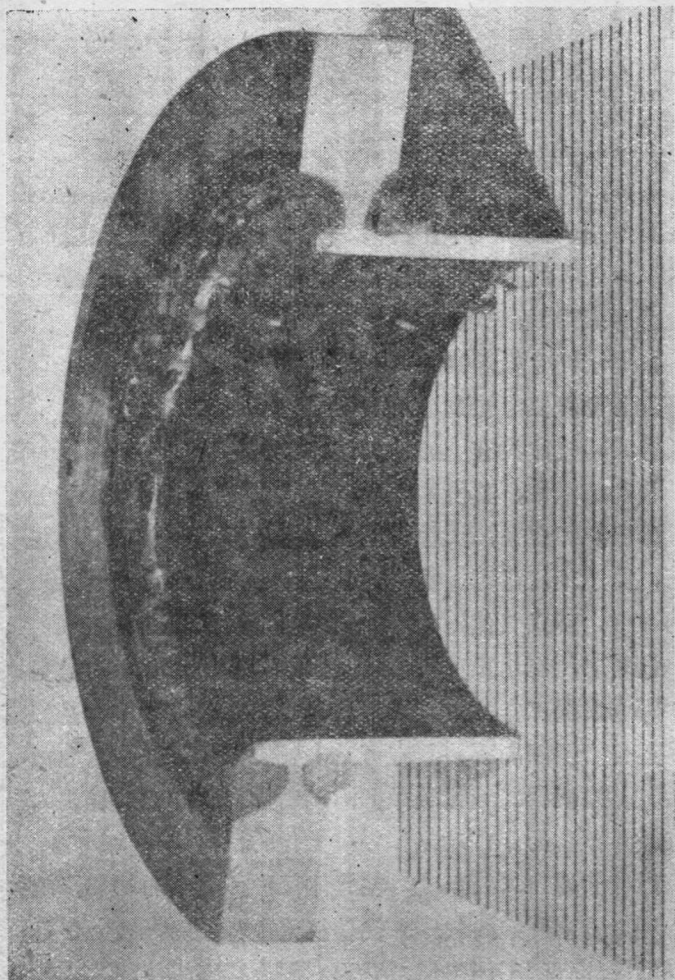
## 导 論

气体保护焊所用的保护气体的唯一作用是，使焊区与周围的大气隔离，避免氧、氮和氢对焊缝的化学成分和性能产生有害影响。这样，气体就充当了塗在焊条上的或者是敷在焊缝上的焊剂的主要作用。使用气体作为保护剂的显著优点是：焊区清晰可见，很少（如果有的話）产生焊渣，并且因沒有焊剂使焊接夹具和机器遭受摩擦損耗，从而提高了它們的使用寿命。此外，由于气体保护剂与消耗电极焊接法（利用固定化学成分裸焊絲綫卷）的并用，因而可以使焊接过程达到高度的自动化。

有几种气体具有上述保护作用，但是这些气体，例如惰性气体，特别是氩气，其价格較貴。自从1952年在英国采用消耗电极气体保护焊以来，大都局限于在鋁和鋁合金上应用，在这种情况下，由于不使用腐蝕性焊剂以及这种方法的优点足以补偿成本上的增多，所以气体保护焊的应用获得了迅速发展。

近年来，使用經濟的半自动化方法来焊接鋼材的需要日益增加，研究发展工作的重点轉到利用二氧化碳气体作为保护剂和像焊接鋁合金所用的那种具有可見电弧的气体保护金屬电极电弧焊接法。結果使得二氧化碳保护消耗电极电弧焊已发展成为一种极为有效而經濟的半自动化和半机械化的鋼材焊接法。

**为什么使用二氧化碳** 在气体保护焊研制的初期，就曾探求过，利用价格便宜的气体来代替氩气进行鋼的焊接。但是許多市面上供应的气体不能采用，因为它们会損害焊件的冶金性能。例如失去延展性，含有氮的粗大气孔，氧化和含有氧的粗大气孔以及乙炔或氢的气孔。至于二氧化碳，除了有輕微的氧化作用（当温度升高时由于气体分解氧化作用也加剧）外，价格便宜，供应





右—不用二氧化碳者



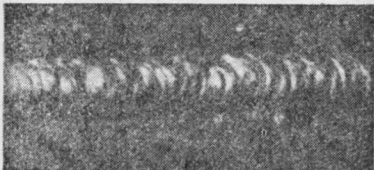
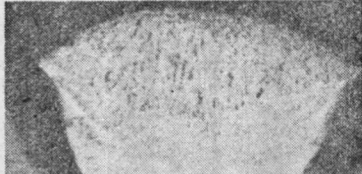
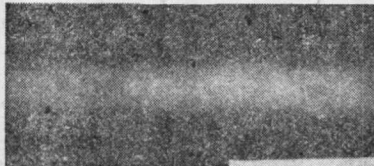
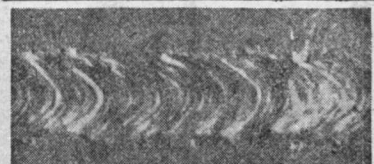
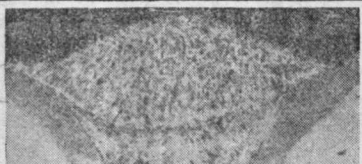
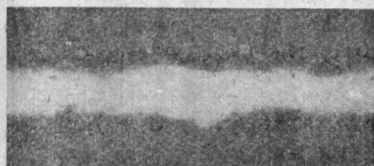
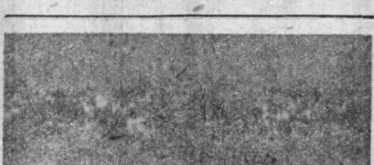
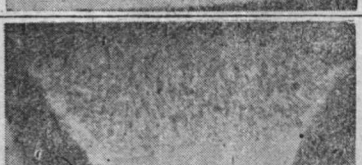
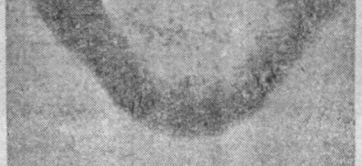
左—采用二氧化碳者

图1 焊缝的宏观与微观照片 ( $\times 500$ )。

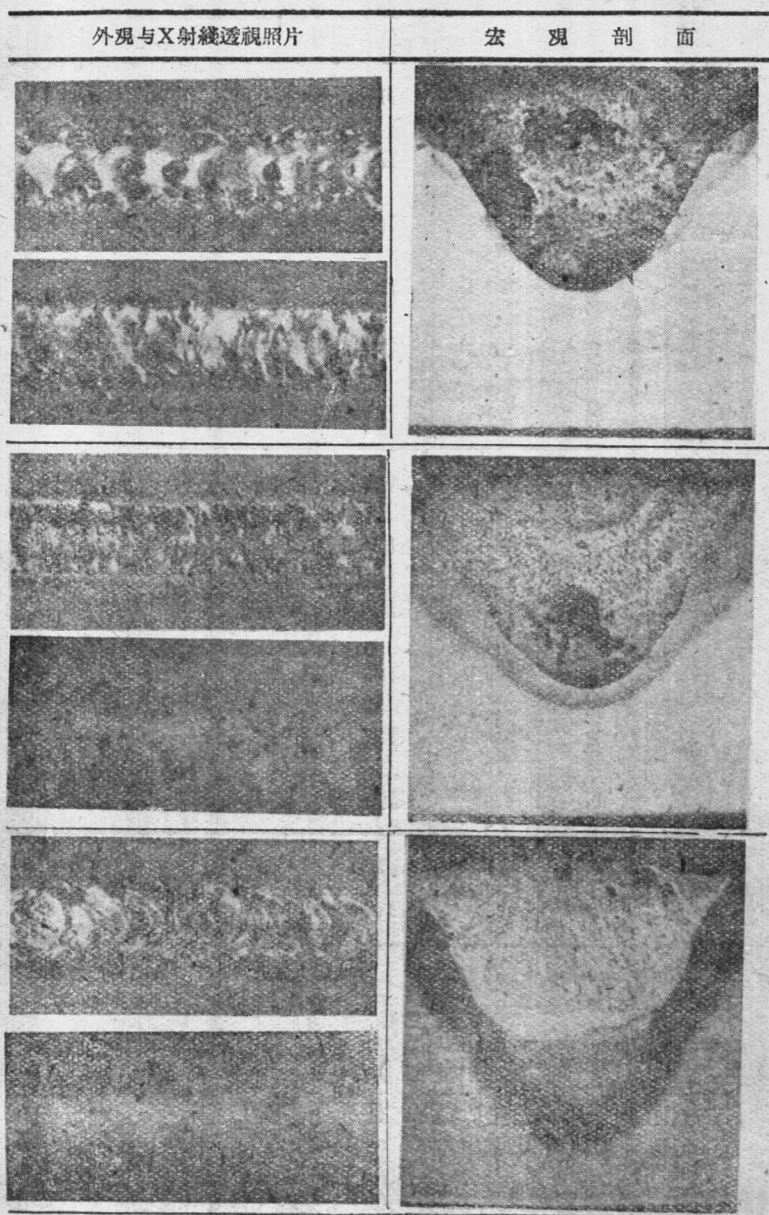
表1 使用各种保护气体焊出的焊缝的外观、成份和机械性能。

| 保护气体            | 成份 %           |       | 机 械 性 能                 |     |
|-----------------|----------------|-------|-------------------------|-----|
| CO <sub>2</sub> | C              | 0.10  | 屈服点 吨/时 <sup>2</sup>    | 36  |
|                 | Si             | 0.73  | 极限抗拉强度 吨/时 <sup>2</sup> | 45  |
|                 | Mn             | 1.08  | 延伸率 %                   | 29  |
|                 | S              | 0.015 | 断面收缩率 %                 | 53  |
|                 | P              | 0.015 | 抗冲击强度 呎-磅 <sup>③</sup>  | 41  |
|                 | N <sub>2</sub> | 0.01  | 维氏硬度                    | 210 |
| 氩 气             | C              | 0.09  | 屈服点 吨/时 <sup>2</sup>    | 35  |
|                 | Si             | 0.94  | 极限抗拉强度 吨/时 <sup>2</sup> | 46  |
|                 | Mn             | 1.33  | 延伸率 %                   | 29  |
|                 | S              | 0.015 | 断面收缩率 %                 | 63  |
|                 | P              | 0.015 | 抗冲击强度 呎-磅               | 100 |
|                 | N <sub>2</sub> | 0.009 | 维氏硬度                    | 220 |
| 氩-5%氧           | C              | 0.08  | 屈服点 吨/时 <sup>2</sup>    | 29  |
|                 | Si             | 0.88  | 极限抗拉强度 吨/时 <sup>2</sup> | 40  |
|                 | Mn             | 1.30  | 延伸率 %                   | 33  |
|                 | S              | 0.012 | 断面收缩率 %                 | 73  |
|                 | P              | 0.015 | 抗冲击强度 呎-磅               | 61  |
|                 | N <sub>2</sub> | 0.012 | 维氏硬度                    | 220 |

焊絲直徑1/16吋①，焊接条件：电流170安培焊弧电压20伏特

| 外观与X射线透視照片                                                                          | 宏 观 剖 面                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |
|    |    |
|    |    |
|    |    |
|   |   |
|  |  |

| 保护气体                      | 成份 %           |       | 机械性能                    |     |
|---------------------------|----------------|-------|-------------------------|-----|
| 氮 气                       | C              | 0.06  | 屈服点 吨/时 <sup>2</sup>    | —   |
|                           | Si             | 1.02  | 极限抗拉强度 吨/时 <sup>2</sup> | 气孔● |
|                           | Mn             | 1.30  | 延伸率 %                   | —   |
|                           | S              | 0.01  | 断面收缩率 %                 | —   |
|                           | P              | 0.015 | 抗冲击强度 呎磅                | —   |
|                           | N <sub>2</sub> | 0.048 | 维氏硬度                    | 280 |
| 空 气                       | C              | 0.04  | 屈服点 吨/时 <sup>2</sup>    | —   |
|                           | Si             | 0.63  | 极限抗拉强度 吨/时 <sup>2</sup> | 气孔① |
|                           | Mn             | 0.89  | 延伸率 %                   | —   |
|                           | S              | 0.012 | 断面收缩率 %                 | —   |
|                           | P              | 0.013 | 抗冲击强度 呎磅                | —   |
|                           | N <sub>2</sub> | 0.079 | 维氏硬度                    | 220 |
| CO <sub>2</sub> -<br>2%空气 | C              | 0.10  | 屈服点 吨/时 <sup>2</sup>    | 30  |
|                           | Si             | 0.70  | 极限抗拉强度 吨/时 <sup>2</sup> | 43  |
|                           | Mn             | 1.05  | 延伸率 %                   | 30  |
|                           | S              | 0.011 | 断面收缩率 %                 | 58  |
|                           | P              | 0.015 | 抗冲击强度 呎磅                | 42  |
|                           | N <sub>2</sub> | 0.038 | 维氏硬度                    | 215 |



| 保护气体                                          | 成份 %           |       | 机械性能                    |       |       |                |
|-----------------------------------------------|----------------|-------|-------------------------|-------|-------|----------------|
| CO <sub>2</sub> -10%<br>空气                    | C              | 0.07  | 屈服点 吨/吋 <sup>2</sup>    |       | —     |                |
|                                               | Si             | 0.65  | 极限抗拉强度 吨/吋 <sup>2</sup> |       | 气孔④   |                |
|                                               | Mn             | 0.93  | 延伸率 %                   |       | —     |                |
|                                               | S              | 0.011 | 断面收缩率 %                 |       | —     |                |
|                                               | P              | 0.015 | 抗冲击强度 呎磅                |       | —     |                |
|                                               | N <sub>2</sub> | 0.045 | 维氏硬度                    |       | 220   |                |
| 氢气-<br>15%CO <sub>2</sub><br>5%O <sub>2</sub> | C              | 0.09  | 屈服点 吨/吋 <sup>2</sup>    |       | 33    |                |
|                                               | Si             | 0.81  | 极限抗拉强度 吨/吋 <sup>2</sup> |       | 44    |                |
|                                               | Mn             | 1.13  | 延伸率 %                   |       | 25    |                |
|                                               | S              | 0.015 | 断面收缩率 %                 |       | 65    |                |
|                                               | P              | 0.015 | 冲击强度 呎磅                 |       | 64    |                |
|                                               | N <sub>2</sub> | 0.01  | 维氏硬度                    |       | 210   |                |
| 焊丝成份%                                         | C              | Si    | Mn                      | S     | P     | N <sub>2</sub> |
|                                               | 0.10           | 1.07  | 1.46                    | 0.015 | 0.014 | 0.008          |

① 1吋=25.4毫米——校者注。

② 1磅=0.454公斤——校者注。

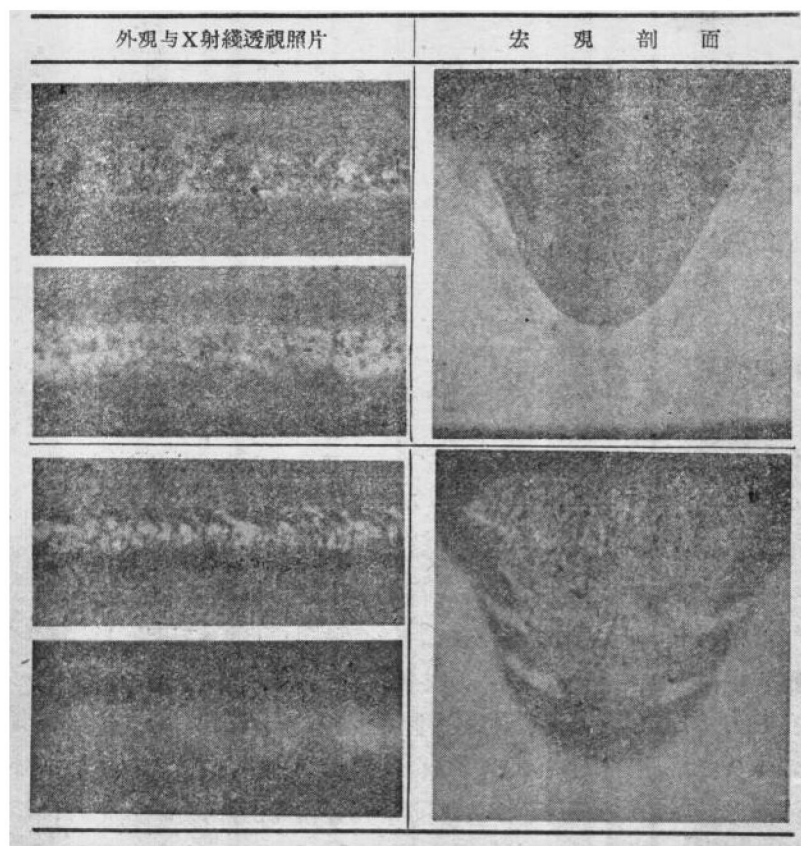
③ 1呎=0.3048米——校者注。

④ 无法试验。

容易，因而是比较适宜的（表1）。此外，由于二氧化碳的流动特性，当其在焊枪中流出时可以有效地保护熔池避免遭受空气的污染（图1）。

图1上部的宏观照片说明在CO<sub>2</sub>保护气体中和在空气中焊出

(續)

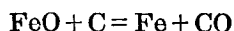


接头。两种情况下都是使用脱氧的焊丝。左面部分是使用 $\text{CO}_2$ 保护气体时的焊接接头；右面部分是在空气中焊成的。从后者可以明显地看到粗大的气孔和流溢现象。右下角的微观照片表明有角状间隙，它是由于存有空气而产生的典型缺陷。使用各种不同的保护气体焊出的焊缝外观和性能列于表1。它说明了氮气、空气和残留在 $\text{CO}_2$ 的空气所造成的有害影响。然而，用 $\text{CO}_2$ 作为焊接钢材用的廉价的保护气体还存在着一些问题，这些限制因素看来是焊接用气体所具有的特征并且还不能认为真正地得到了解决。

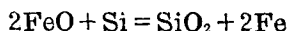
在利用半自动焊接法来降低劳动成本方面曾經有过不少研究活动，特别是在苏联。

使  $\text{CO}_2$  保护焊变为日常的焊接法中，需要解决的三个基本问题是：

1. 焊缝中的气孔 如果用  $\text{CO}_2$  和裸焊丝焊接鋼件，就会在焊缝内出现气孔。这是由于在熔融金属内发生化学反应的结果，放出一氧化碳的缘故。



焊丝内如果含有足够的硅时，可以使一氧化铁还原而使上述反应得以避免。



目前使用的  $\text{CO}_2$  保护焊丝内含有足够的硅、锰和一些其他元素，可以提供一种“超镇定”作用。因此使用  $\text{CO}_2$  作为保护气体也不至于发生气孔。

2. 飞溅问题 在同样的焊接规范下，金属熔滴在二氧化碳气氛中从电极滴下的情形与在氩气滴下的情形显然不同。熔滴在氩气中落下时，其速度很高，并且是在很小的电流下发生的，而在  $\text{CO}_2$  中时，熔滴只是缓慢地过渡，并且不沿着轴线。将电流增加到 400 安培(用 1/16 吋的焊丝)会得到一些改善，但是这样大的电流不宜于用来焊接薄板，因为这将需要异常高的焊接速度。现在，用“短路电弧”已能有效地改善了在低电流下的金属迁移特性。

3. 不适于在特殊位置上焊接 当  $\text{CO}_2$  保护焊第一次用于垂直焊和仰焊时，由于要求大电流来产生均匀的金属迁移，结果使熔池太大，致使操作者难以控制，并且使金属飞出接头(焊缝)外面。采用“短路电弧”已能使特殊位置上的焊接工作成为简单的事情，因为这时可使焊丝保持在它所被安放的位置上，亦即直接位于很小的而且能很快地凝固的熔池中。

# 第一章 二氧化碳保护焊的过程特性

## 第一节 气体保护焊的电弧特性

要想了解  $\text{CO}_2$  保护焊的特征，首先需要观察一下气体保护焊的一般特征。图 2 是任何一种气体保护消耗电极焊接方法所需要的设备和材料的示意图，其中包括焊丝给进设备，焊枪和直流电源。为了向电弧系统供应消耗性电极以及提供作保护剂用的气体（焊铝时用氩，焊钢时用  $\text{CO}_2$ ）和填充金属，必须把焊丝送入上述焊接设备中去。

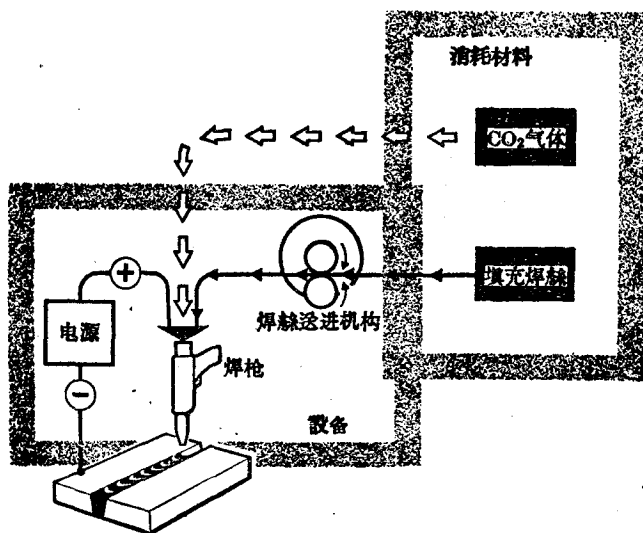


图 2  $\text{CO}_2$  保护焊所用的设备和材料。

气体保护焊时，同样直径的焊丝可在一较广的电流范围内适用，不像涂药焊条那样在高电流时需采用大直径的焊条。在焊丝给进率与保证焊丝及时熔化并且保持电弧长度稳定所需电流大小

之間，存在着一个近似直線的关系。这个关系就是所謂的“熔化特性” (burn-off and is a characteristic)，它是每种焊絲成分和直徑的特性。图 3 示出五种常用直徑鋼焊絲在  $\text{CO}_2$  中的“熔化特性”。从图中可以看出，增加焊接电流就意味着成比例地增加焊絲給进速度；例如 1/16 吋直徑的焊絲，当其給进速度从 150 吋/分增至 350 吋/分时，可在 150 安培至 500 安培的广闊电流範圍內使用。直徑較小的焊絲要求給进速度更高一些才能适用于同样的电流值，而其給进速度的最大值(一般約 600 吋/分)可能会超过大多数市售焊接設備的給进速度允許範圍。因此，焊接設備的設計特点往往就决定了所用焊絲的尺寸，虽然經濟性也必須考慮在內(細焊絲比粗焊絲的成本高)。

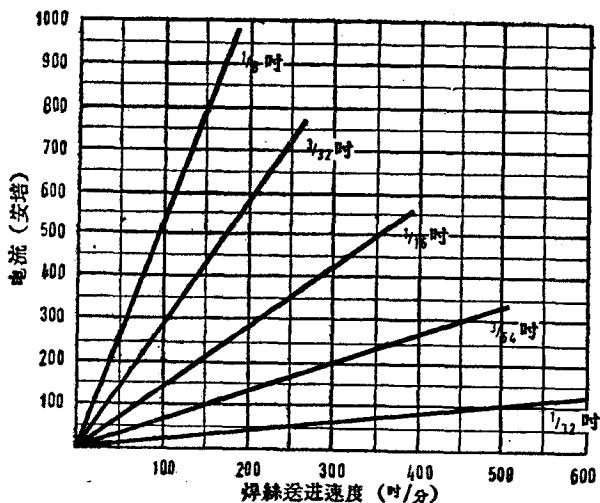


图 3  $\text{CO}_2$  保护焊用焊絲的“熔化特性”。

图 4 所示的几条曲線精确地示出在給定的焊絲直徑下控制气体保护焊电弧特性的几个参数。图 4 a 为电源的伏-安輸出特性綫，曲綫“d”和“f”为两个典型例子，分別代表“降压輸出特性”