

图解入门 现场で役立つ溶接の知識と技術

日本经典技能实战丛书

现场  
实用

# 双色图解

# 焊接

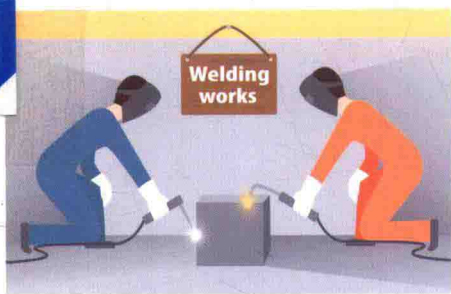
种类/原理  
学习技能  
焊接施工  
焊接作业

# 知识与技能

并解理论到实践的关键点!

焊接资格考试实用信息!

架设理论  
到实践的桥梁!  
提升现场操作  
经验必备!



- ◆ 焊接的原理、特点和种类是什么?
- ◆ 怎样成为一名合格的焊工?
- ◆ 焊接施工前需要了解哪些知识?
- ◆ 焊接作业中的重点和注意点有哪些?
- ◆ 焊接施工时为何需注意材料的特性?

[日] 苍井晃 著 / 王营瑞 译

机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

図解入門 現場で役立つ溶接の知識と技術

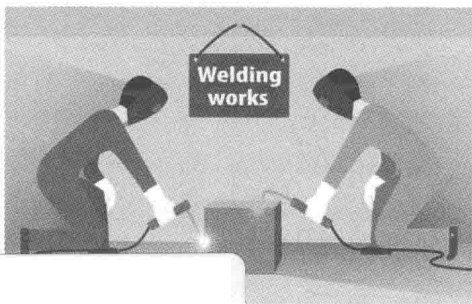
日本经典技能实战丛书

现场  
实用

# 双色图解 焊接 知识与技能

种类/原理  
学习技能  
焊接施工  
焊接作业

日] 苍井晃 著 / 王营瑞 译



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

## 图书在版编目 (CIP) 数据

双色图解焊接知识与技能 / (日) 苍井晃著; 王营瑞译. —北京: 机械工业出版社, 2017.5

(日本经典技能实战丛书)

ISBN 978-7-111-57515-3

I. ①双… II. ①苍… ②王… III. ①焊接—图解 IV. ①TG4-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 180138 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: 侯宪国 责任编辑: 侯宪国

责任校对: 刘雅娜 封面设计: 张 静

责任印制: 李 飞

北京机工印刷厂印刷

2017 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

140mm × 203mm · 7.875 印张 · 242 千字

0 001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-57515-3

定价: 39.80 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

服务咨询热线: 010-88361066 机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线: 010-68326294 机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

010-88379203 金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

封面防伪标均为盗版

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

本书以图表及照片的形式和通俗的语言讲解了焊接的基本知识与技能。本书主要内容包括：焊接是什么、如何成为合格的焊工、各种各样的电弧焊接方法、焊接施工时的预备知识、焊接作业的关键点及不同金属的焊接施工知识。

本书可供初、中级焊工使用，也可供相关技术人员及相关专业师生参考。

ZUKAI NYUMON GENBA DE YAKUDATSUYOUSETSUNO CHISHIKI TO  
GIJUTSU

All rights reserved.

Original Japanese edition published in 2012 by Shuwa System Co.,Ltd.

This Simplified Chinese edition published by arrangement with Shuwa System Co.,Ltd.,Tokyo in care of Tuttle-Mori Agency,Inc.,Tokyo through Beijing GW Culture Communications Co.,Ltd.,Beijing

This title is published in China by China Machine Press with license from Shuwa System Co., Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书由Shuwa System Co., Ltd.授权机械工业出版社在中华人民共和国境内（不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区）出版与发行。未经许可的出口，视为违反著作权法，将受法律制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2015-6749号。

## 出版说明

为了吸收发达国家职业技能培训在教学内容和方式上的成功经验，我们引进了“日本经典技能实战丛书”。

此系列丛书主要针对实际生产生活的需要和疑难问题，通过大量图标、案例讲解所需掌握的知识和技能，重点突出实际操作技能。该丛书在日本为机电类畅销图书，适合工人自学和培训。在翻译成书时，我们力求保持原书的精华和风格，图书版式基本与原书保持一致，将涉及日本技术标准的部分按照中国标准及习惯进行了适当改造，并按照中国现行标准、术语进行了注解，以方便读者阅读、使用。

希望本系列丛书能帮助读者快速掌握一技之长，在学习技能道路上成为读者的良师益友。

## 前 言

“焊接”是一种将工业材料（多指金属材料）进行连接的优秀的方法，我们身边的结构件、交通工具等许多产品都可通过焊接进行加工。从船舶、桥梁以及高层建筑物这类超大型结构件，到家电或者电子信息产品内使用的电子元器件等微小产品，从生产“粗大笨重”产品的行业到生产“轻薄短小”产品的行业，数不清的产品都使用焊接加工。可以说，焊接是现代化生产必不可缺的重要的“基础性生产技术”。

从焊接技术上说，其品质很大程度上受到人（焊工或者焊接技师）的左右。也就是说，焊接技术并不是在所有方面都是完美的，它有相应的弱点（缺点）。所以，重要的是，焊接施工人员要充分发挥它的优点，并熟练控制其容易产生缺陷的部分，防止焊接结束后发生问题。这不仅限于在控制焊接品质方面，也包括在追求焊接效率时，同样需要考虑。因此，学习并掌握正确的焊接知识、焊接技术以及焊接技能是非常必要的。

在实际焊接过程中必须考虑的重点是什么？务必要了解哪些事情？以此为中心，我试着编纂了本书。对焊接了解得越多，实际使用得越多，越会感觉到焊接的深奥。希望本书能增加您对焊接的兴趣，并且作为一个开端，今后更加深入、更加广泛地学习这一技术。

最后，本书能够付梓出版，首先要感谢秀和系统株式会社各位同仁的大力支持，并衷心感谢为本书提供宝贵照片及其他资料的相关公司。

作 者

## 目录

## 双色图解焊接知识与技能

## 前言

**第1章 焊接是什么？**

1-1 金属的连接方法 .....	2
1-2 焊接的基本原理 .....	6
1-3 各种焊接方法及其特点 .....	11
小栏目 “从机械连接到焊接”的成功案例 .....	12
1-4 高利用价值的电弧焊接 .....	16
小栏目 利用电弧来切割？等离子弧切割真厉害！ .....	20

**第2章 如何成为合格的焊工？**

2-1 接受安全卫生特种教育 .....	22
小栏目 必须接受特种教育培训吗？ .....	24
小栏目 违反规定时，会受到怎样的处罚？ .....	24
2-2 了解焊接的缺点 .....	25
小栏目 矫正焊接变形 .....	26
小栏目 “焊接缺陷”与“焊接不良” .....	33
小栏目 对焊缝的非破坏性检测 .....	33
2-3 把握品质要求，选择合适的焊接方法 .....	34
2-4 了解焊接材料 .....	37
小栏目 焊接工程是跨专业、跨领域的学科 .....	37
2-5 从读图到焊前准备工作 .....	41
小栏目 对今后学习焊缝符号者的忠告 .....	48
2-6 焊接技能的掌握 .....	56
小栏目 熟练工如是说：“传感器，不需要！” .....	60
小栏目 活用公共职业培训机构实施脱产培训！ .....	62

## 第3章 各种各样的电弧焊接方法

3-1 药皮焊条电弧焊 .....	64
小栏目 灵活使用 TIG 焊接电源! .....	68
3-2 MAG 焊接法 .....	70
3-3 TIG 焊接法 .....	85
小栏目 有各种各样称谓的“TIG 焊接” .....	92
小栏目 活用现有设备, 实现高附加值的 TIG 焊接案例 .....	93
3-4 MIG 焊接法 .....	94
小栏目 铝(合金)的 MIG 焊接技能训练, 竟然有这样的效果··	100

## 第4章 事先需要了解的焊接施工预备知识

4-1 需要了解的焊接接头形状 .....	102
4-2 需要了解的焊接材料知识 .....	109
小栏目 切勿擅自使自动防触电装置的功能失效! .....	113
4-3 需要了解的焊接设备的相关知识 .....	127
小栏目 不仅仅是长度问题, 电缆还会引起压降! .....	137
4-4 焊接失败时该怎样处理? .....	138
小栏目 关于用热源清根法进行表面缺陷清理的工作 .....	144
小栏目 能使用空气作为等离子弧气刨的气体吗? .....	144

## 第5章 焊接作业的关键点

5-1 药皮焊条电弧焊接作业 .....	146
小栏目 不要忘记还有恒流特性电源哦 .....	152
小栏目 药皮焊条的焊接电流适用范围 .....	152
小栏目 独特的训练方法 .....	161
5-2 二氧化碳气体保护电弧焊接作业 .....	162
小栏目 MAG 焊接用焊丝的焊接电流适用范围 .....	167
5-3 TIG 焊接作业 .....	180

小栏目	纯钨电极上生成的熔融突起物是怎么回事?.....	184
小栏目	工装夹具的初始温度也需要注意哦!.....	196

## 第6章 不同金属的焊接施工知识

6-1	铁(钢)的焊接.....	198
小栏目	钢材表面的黑皮是杂质.....	210
6-2	不锈钢的焊接.....	211
小栏目	碳钢和不锈钢的异种材料焊接.....	224
6-3	铝(合金)的焊接.....	225
小栏目	其他关于铝(合金)的TIG焊功能.....	236
小栏目	建议采用“试验规划法”.....	238

## 资料 卷末附录资料

	焊接资格认证指南.....	240
	参考文献.....	243

本书对下面这些相当于JIS焊接技能者评价初级考试内容的课题,就其作业要领进行了解说。

对接焊	(相当于N-2F) ...P164
对接焊	(相当于SN-2F) ...P183
不锈钢对接焊	(相当于TN-F) ...P198
铝对接焊	(相当于TN-1F) ...P200



# 焊接是什么？

要想准确了解焊接技术，就必须先知道焊接的优、缺点，以及金属连接的基本原理和方式。本章将就这些内容加以讲解。

# 1-1

## 金属的连接方法

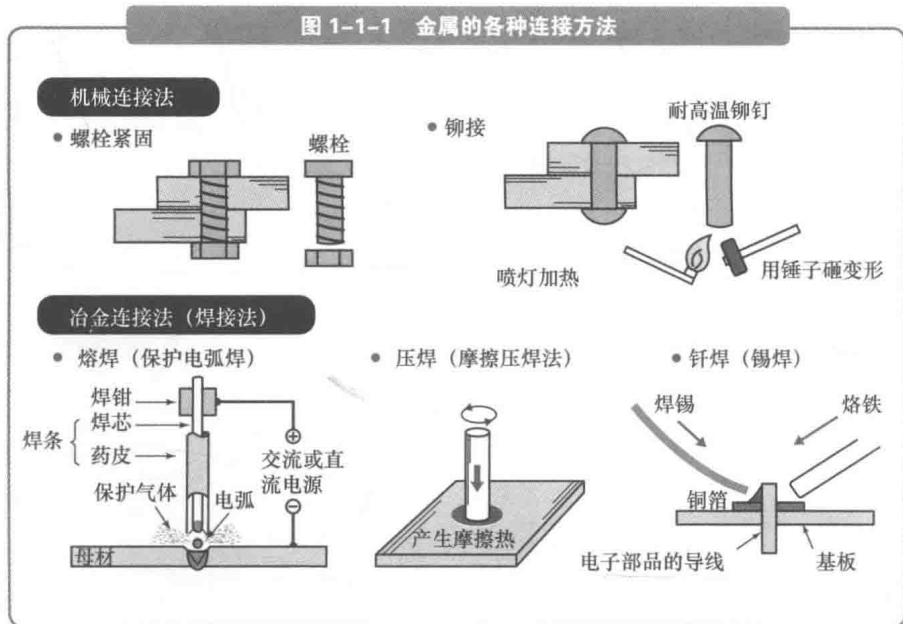
金属的连接方法有许多种，下面一起看一下各种连接方法的优、缺点。



### 金属的各种连接方法

金属的连接方法主要可分为两大类：第一类是用机械的手段将金属组合的方法，即机械连接法；第二类是利用金属本身固有的特性将其连接的方法，即冶金连接法，如图 1-1-1 所示。此外，还有使用胶合剂将金属粘连的方法。

图 1-1-1 金属的各种连接方法



机械连接法分为以下几种：螺栓紧固法、铆接法、将金属板边缘折弯后再相连的锁扣法以及压接、咬合等连接方法。

冶金连接法分为以下几种：

1) 金属与金属局部熔合的方法，称为熔焊法。

2) 将金属连接处加热，同时使用机械施加压力，使材料相连接的方法，称为压焊法。

3) 被连接的金属（称为母材）不熔化，把比母材熔点低的金属熔化，利用液体的毛细现象<sup>⊖</sup>，将熔融金属渗透到连接金属的间隙内实现连接的方法，称为钎焊法。

以上这3种冶金连接法，通常被叫做焊接。

## 机械连接法的优、缺点

我们来谈一谈机械连接法的优、缺点。举个例子，大家想象一下螺栓固定法。

首先，需要用电钻等在母材上打孔。接着，需要使用铰刀把开孔的内表面加工光滑，并且孔径也要加工合适。最后，还需要用丝锥加工出螺纹。

其次，螺栓和母材结合的部位是一个一个的“点”，因此，为了增加强度和可靠性，就必须增加接合的“点”的数量，总之，需要花费较长的工时。并且一旦加工失败，修补是比较困难的。虽说可以利用焊接方法把开孔填满再重新加工，但多数情况下需要更换新的原材料重新加工，导致材料费用增加。从而，也导致了总成本的增加。

上面介绍了不少机械连接法的缺点，当然，其优点也不少。最大的优点就是使用扳手等简便的工具即可实现快捷的拆装。例如，使用螺栓连接的产品，只要可向用户提供预先加工好开孔的部件，用户就可以自行组装了。我们常见的简易组装家具就是个很好的案例。

例如高度可调整的简易组合床，在床的立柱上开了很多用于调整高度的孔。通过拆装螺栓即可调整床板的高度（见图1-1-2）。当要报废该组合床时，拆卸也十分方便，各种材料的分类也非常容易，当今提倡建设可持续性发展社会，其优点十分明显。另外还有一个非常重要的优点是金属的连接位置不会受到热影响，因此，难以焊接的材料都可以采用机械连接法进行连接。

⊖ 毛细现象：毛细管插入浸润液体中，管内液面上升，高于管外；毛细管插入不浸润液体中，管内液体下降，低于管外，这种现象称为毛细现象。

图 1-1-2 机械连接法（螺栓紧固）的优点

使用简便的工具即可进行连接，且能够拆卸



我们经常见到的简易组合家具，就充分利用了机械连接法的优点。



## 冶金连接法的优、缺点

下面再介绍冶金连接法的优、缺点。大致来说，它的优缺点和机械连接法几乎正好是相反的。第一，它的加工时间比机械连接法要短。第二，大多数的冶金连接法不是“点状”的连接，而是“线形”连接。像水箱、油箱、气瓶等要求气密性好或密封性好的产品，便可大大发挥它的优点。再者，“线形”连接能够保证强度。即使连接失败了，也比较容易修补。

冶金连接法所产生的热量会破坏母材这一问题不可忽视。很多情况下，结合部位及周围区域的金属性质发生改变，从而导致品质恶化，并且会导致变形等情况的发生。即使肉眼看不到变形，但在结合部位上会聚集残余应力，这种残余应力往往成为产生裂纹等不良情况的原因。

机械连接法和冶金连接法还有其他优、缺点，详情参见图 1-1-3 中的内容。

上述总结了机械连接法和冶金连接法的各种优、缺点，在使用时，请大家掌握它们的特征，选择最合适的连接方法。

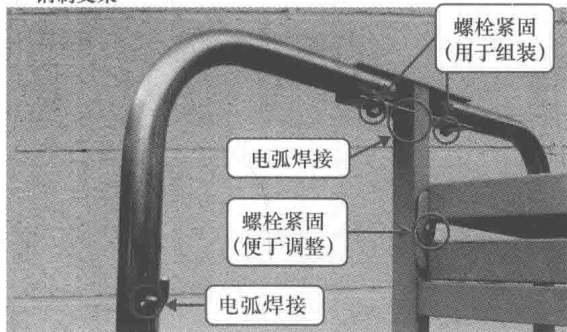
在实际使用过程中，可根据品质要求、材料组成以及用途等，对复杂的接头形状进行分类，把机械连接和冶金连接结合使用，效果会更好。图 1-1-4 所示便是一个很好的案例，请大家学习。

图 1-1-3 各种连接方法的优、缺点

	机械连接法	冶金连接法（焊接法）
优点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 可靠性高</li> <li>• 使用简便工具可方便地拆装</li> <li>• 对连接位置的检查比较容易</li> <li>• 对连接的材质没有限制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 能够减轻产品的重量</li> <li>• 施工时间短，可缩短制造时间</li> <li>• 气密性、密闭性优良</li> <li>• 和机械连接法相比，更适合较厚母材的连接</li> <li>• 接头加工效率高</li> <li>• 可修补性较好</li> </ul>
缺点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 产品质量大</li> <li>• 加工工时长，制作时间长</li> <li>• 对连接材料的厚度有限制</li> <li>• 修补比较困难</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 由于发生骤热、骤冷，局部会产生变形</li> <li>• 产生残余应力，对接头部位的性能产生不良影响</li> <li>• 母材的性质会因热输入而发生改变</li> <li>• 拆卸比较费事</li> </ul>

图 1-1-4 综合使用各种连接方法的有效案例

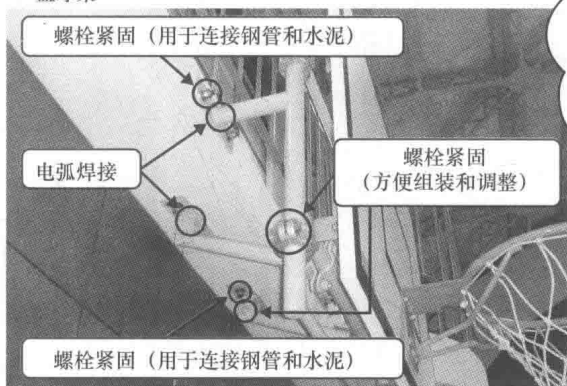
## ▼ 钢制支架



原来如此！



## ▼ 篮球架



类似案例不胜举，请大家多观察身边的产品和结构，便会有所体会。



# 1-2

## 焊接的基本原理

本节将从宏观和微观两个方面介绍焊接（冶金连接法）的基本原理。

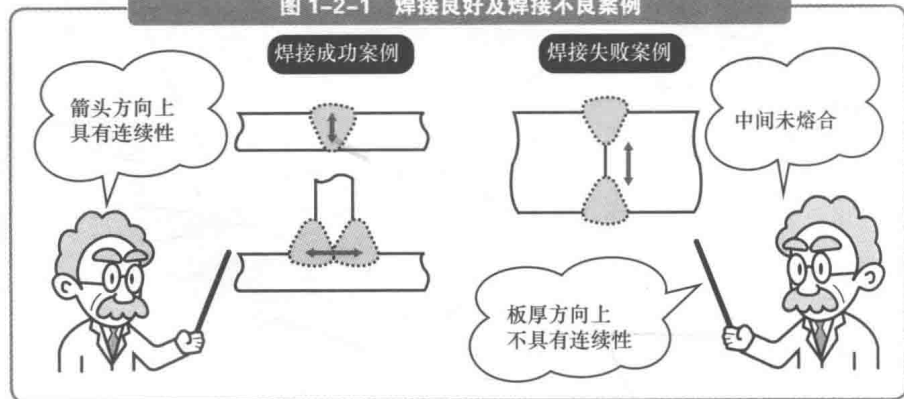


### 什么叫“焊接”？

首先，我们先对“焊接”进行定义，按照日本工业标准 JIS Z 3001—1（焊接用语—第 1 部分 通用，2008 年制定）上的说明，焊接的定义如下：（成功的）焊接是通过加热、加压或两者并用，使两个或两个以上的母材实现连接，具备连续性，并成为一体的操作工艺和技术<sup>①</sup>、<sup>②</sup>。

例如，图 1-2-1 中左侧的连接便具有连续性，而右侧的就不具有连续性。从焊道表面上看起来像被连成了一起，但板厚方向上并没有连接在一起，这是不行的。事实上，这种事情曾经发生过。在 1995 年发生阪神淡路大地震之后，某大型报纸头版头条就报道了这样一个焊接施工偷工减料的项目。两块母材不能够完全成为一体当然会导致强度不够。焊接作为冶金连接，能够使两个母材始终保持一个整体是它的最大优点。

图 1-2-1 焊接良好及焊接不良案例



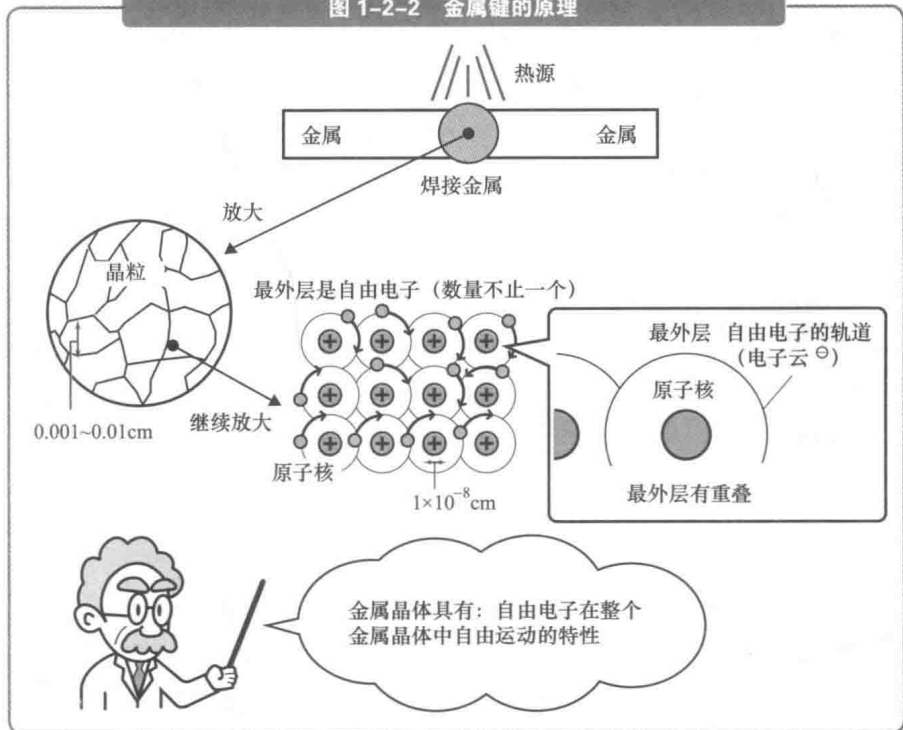
- ① 关于操作工艺和技术的描述并不完整，在 JIS 标准中还标注了“包括使用或不用填充材料，以及将熔融金属堆在母材表面的堆焊”等内容。
- ② 译者注：中华人民共和国国家标准 GB/T3375—1994 中关于焊接的定义如下：焊接是通过加热或加压，或两者并用，并且用或不用填充材料，使工件达到结合的一种方法。

## 焊接的基本原理 (一)

下面开始介绍焊接的基本原理。首先，从微观角度来看焊接位置。实际上，与其说是微观，不如说是一个“超微观”的世界更加恰当。无论是熔焊、压焊还是钎焊，虽然连接的方式方法不同，但归根结底都是通过原子或分子之间的结合和扩散连接成为一体的（通过原子间引力相结合）。

化学键有金属键、离子键和共价键三种（见图 1-2-2~ 图 1-2-4）。其中，当金属与金属通过焊接被连接在一起时，金属原子之间形成金属键，而离子键和共价键是金属和陶瓷连接，或者和玻璃连接时形成的。其原理请看下面的图解：

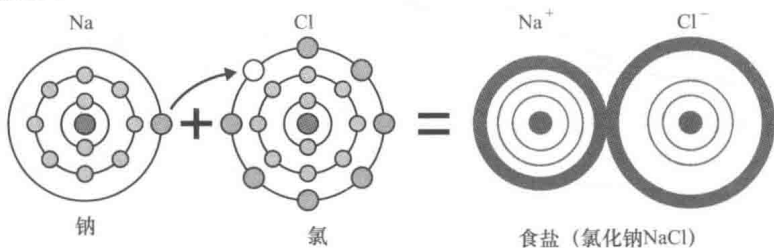
图 1-2-2 金属键的原理



- ⊖ 电子云：是电子在核外空间分布方式的形象描绘，是单位体积内电子的出现几率。它的实际情况并不像图 1-2-2 中所绘制的那样是个正圆形，而是像云一样笼罩在原子核周围。

图 1-2-3 离子键的原理

以食盐为例

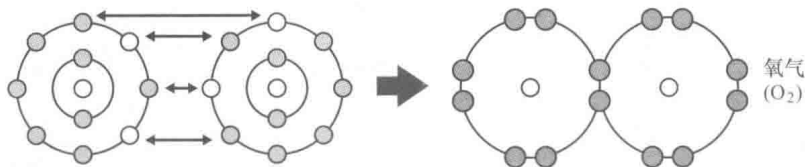


钠离子和氯离子形成稳定的离子层 ( $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$ )  
也就是说, 正负离子互相结合形成化合物



图 1-2-4 共价键的原理

以氧为例



两个氧原子共用最外层的电子对,  
形成稳定的电子结构

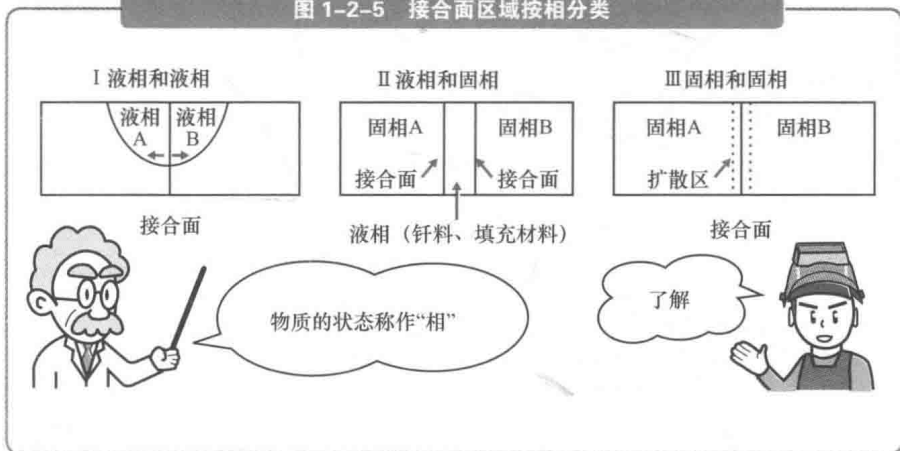


## 焊接的基本原理 (二)

其次, 我们再从宏观角度来介绍焊接。将两个母材的接合面作为分界线, 左右 (或者上下) 两块母材有以下三种组合方式 (见图 1-2-5):



图 1-2-5 接合面区域按相分类



1

焊接是什么？

液相表示物体处于一个均匀稳定的液体状态，固相表示物体处于固体的状态。

类型 I：液相和液相，就是通常所认为的“焊接（熔化连接）”。两个母材熔化并相互连接形成一体。因此，如果在母材的接合面上有氧化层等阻碍接合的污染物时，必须事先将其去除或打散，才能够有效地实现这种形态的连接（详细内容在后面的章节中将会讲到）。

类型 II：液相和固相，最具有代表性的就是锡焊了。在母材连接位置形成液相，这一点和类型 I 是相同的。所不同的是，这里的液相部分使用的材料是比母材熔点要低的金属（合金），称之为钎料或填充材料。锡焊最基本的特点是不使母材熔化而实现母材的连接<sup>①</sup>。这种形态的连接，最关键的是要让熔化的钎料或填充材料能够切实有效地填充到接合部位的间隙中。实现这一目的的关键在于熔化的钎料或填充材料能够浸润（湿润）母材，并具有流动性才行。

为了提升对母材的浸润（湿润）及流动性，通常会使用助熔剂，或者需要在热量的传导上下工夫，这需要有专门的技能支持。

这种连接方式被广泛应用于容易产生裂纹的材料连接，或者异种金属之间的连接，或者与陶瓷等非金属材料的连接。

① 从微观角度来看，接合面区域有时也会有少许的母材被熔化。例如，钢和铝的连接中所采用的电弧钎焊就是这样一种情况。