



技巧与禁忌系列丛书

焊工操作 技巧与禁忌

徐佩兰 石学军 主编

取材实践

正反对比

寻求捷径

避免失误



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



技巧与禁忌系列丛书

焊工操作技巧与禁忌

徐佩兰 石学军 主编



机械工业出版社

本书从焊接操作技巧与禁忌的角度来阐述焊接实践知识,力求做到实用化、系统化,使焊接操作人员在技术工作和生产中吸取经验和教训,以提高其理论水平和技能水平。

书中还从焊接基础知识、金属材料的焊接技巧与禁忌、焊条电弧焊、氩弧焊、熔化极气体保护焊、气焊和气割、焊接结构以及焊工安全的操作技巧与禁忌等方面,对其焊接过程中的操作技巧与禁忌进行了详细介绍。

本书可供焊工、焊接专业技校、中职、高职高专师生及焊接技术人员和有关专业人员使用与阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊工操作技巧与禁忌/徐佩兰,石学军主编. —北京:机械工业出版社,2008.5

(技巧与禁忌系列丛书)

ISBN 978-7-111-24099-0

I. 焊… II. ①徐…②石… III. 焊接-基础知识 IV. TG4

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第064963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:王英杰

责任编辑:俞逢英 版式设计:霍永明 责任校对:张莉娟

封面设计:饶薇 责任印制:邓博

北京京丰印刷厂印刷

2008年7月第1版·第1次印刷

140mm×203mm·13.25印张·354千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-24099-0

定价:27.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379083

封面无防伪标均为盗版

丛 书 序

进入 21 世纪,我国已成为“制造业大国”,制造业的主力军——技能型人才,尤其是高技能人才的严重缺乏正成为我国向“世界制造强国”转变的瓶颈。为此,劳动和社会保障部制定了“新技师培养带动计划”,其重点是“5 年培养 190 万技师和高级技师,700 万高级工”。图书在培养技能型人才中的作用是毋庸置疑的,但综观目前图书市场上的技术图书大多不是侧重理论,就是针对性不强,不能解决生产中出现的问题。

基于此,我们组织一批作者编写了本套“技巧与禁忌系列丛书”。这些作者有的是企业中的高级工程师,有的是职业培训机构和高职院校执教多年的老师,他们既有丰富的实践经验,又有深厚的理论基础。本套丛书从正反两方面编写技术工人在实际工作中经常要用到的内容(加工、装配、维修、检验、编程、施工等),正面写技巧方法,反面写禁忌事宜,使读者读后知道应该怎样做,不该怎样做,十分明晰。

技巧部分选择一些中级工经常接触的操作技术,将工作要求、加工方法、操作步骤中的技巧加以总结。禁忌部分以相关工种的加工操作、安全和质量检验以及相关技术文献为依据,对“不宜做”、“不应做”、“禁止做”和“必须注意”的事情,以反向思维,用具体的事例,加以说明和表达,并总结出操作过程中具有典型性



的禁忌问题，旨在为读者提供一本具有指导意义的工具书，从加工操作和安全方面给人们一些告诫，提示操作者注意，使操作者在工作中少一些失误，保证加工质量，减少废品，避免出现事故。

本套丛书的内容取材于实践，以中级工要求的内容为主，兼顾初级工和高级工，基础知识的内容占10%的比例。

在本套丛书的编写过程中，得到了许多企业的领导、专家、技术人员的大力支持和帮助，在此谨向为本套丛书的出版付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！

前 言

本书根据焊接技术教学和生产实践经验，以及对各种焊接资料的归纳、整理，从焊接操作技巧与禁忌的角度来阐述焊接实践知识，力求做到实用化、系统化，使更多的焊接操作人员在技术工作和生产实践中吸取经验和教训，以提高其理论水平和技能水平，从而达到事半功倍的目的。

本书中还从焊接基础知识，金属材料焊接，焊条电弧焊操作，氩弧焊操作，熔化极气体保护焊操作，气焊与气割操作，焊接结构以及焊工安全等方面的技巧与禁忌，对焊接操作过程中的技巧与禁忌进行了详细介绍。书中注重了理论与实际相结合，在进行理论分析的基础上，结合生产实际提出不宜做、不能做、不可做等方面的问题，使焊工在工作中掌握技巧的同时，吸取经验和教训。

本书由徐佩兰、石学军主编，张学诚主审，云国庆、邓乾跃、蒋国颂、胡显乐、张鹏参加编写。

由于时间仓促，参编作者水平有限，书中难免会存在缺陷和错误，请读者批评指正。

编 者

目 录

丛书序

前言

一、焊接基础知识 1

1. 金属晶体结构的基础知识 1
2. 焊接电弧的基础知识 17
3. 焊接冶金的基础知识 20
4. 焊接材料的基础知识 28

二、金属材料的焊接技巧与禁忌 45

1. 碳钢的焊接技巧与禁忌 45
2. 耐热钢的焊接技巧与禁忌 52
3. 不锈钢的焊接技巧与禁忌 61
4. 铸铁的焊接技巧与禁忌 88
5. 铝及铝合金的焊接技巧与禁忌 105
6. 铜及铜合金的焊接技巧与禁忌 121
7. 钛及钛合金的焊接技巧与禁忌 139
8. 镍及镍基耐蚀合金的焊接技巧与禁忌 148
9. 异种钢的焊接技巧与禁忌 159

三、焊条电弧焊的操作技巧与禁忌 175

1. 焊条电弧焊设备的使用技巧与禁忌 175
2. 焊接材料的选用技巧与禁忌 177
3. 焊条的保存技巧与禁忌 182
4. 焊条的烘干技巧与禁忌 184
5. 电焊弧光防护及护目玻璃镜片的使用技巧与禁忌 186
6. 焊件组对的操作技巧与禁忌 189



7. 焊条运条的操作技巧与禁忌	192
8. 板材单面焊双面成形的操作技巧与禁忌	199
9. 小径管对接单面焊双面成形的操作技巧与禁忌	215
10. 管板的焊接操作技巧与禁忌	227
11. 焊条电弧焊电弧偏吹的防止技巧	240
四、氩弧焊的操作技巧与禁忌	242
1. 氩弧焊分类及其弧焊设备的使用技巧与禁忌	242
2. 喷嘴的选用技巧与禁忌	246
3. 手工钨极氩弧焊钨极的使用技巧与禁忌	247
4. 手工钨极氩弧焊焊丝的选用技巧与禁忌	253
5. 手工钨极氩弧焊的操作技巧与禁忌	258
6. 薄板手工钨极氩弧焊的操作技巧与禁忌	266
7. 小径管对接手工钨极氩弧焊的操作技巧与禁忌	281
8. 大径管对接手工钨极氩弧焊打底的操作技巧与禁忌	288
9. 骑座式管板手工钨极氩弧焊的操作技巧与禁忌	293
五、熔化极气体保护焊的操作技巧与禁忌	303
1. CO ₂ 气体保护焊设备的选用技巧与禁忌	304
2. 保护气体的选用技巧与禁忌	309
3. 熔滴过渡形式的选择技巧与禁忌	313
4. CO ₂ 气体保护焊的引弧、焊接和收弧技巧与禁忌	316
5. 薄板对接 CO ₂ 气体保护焊的操作技巧与禁忌	320
6. 中厚板对接 CO ₂ 气体保护焊的操作技巧与禁忌	329
六、气焊、气割的操作技巧与禁忌	339
1. 气焊焊炬与气割炬的使用技巧	339
2. 气焊、气割火焰性质的选择技巧与禁忌	342
3. 板材气焊的操作技巧与禁忌	346
4. 管材气焊的操作技巧与禁忌	353
5. 铸铁气焊的操作技巧与禁忌	356
6. 纯铜气焊的操作技巧与禁忌	361



7. 铝及铝合金气焊的操作技巧与禁忌	363
8. 火焰钎焊的操作技巧与禁忌	366

七、焊接结构以及其他焊接的技巧与禁忌

1. 焊接坡口形式的使用技巧与禁忌	371
2. 压力容器焊接接头的设计技巧与禁忌	376
3. 梁柱的焊接技巧与禁忌	381
4. 焊接结构的焊接技巧与禁忌	386
5. 等离子弧焊及切割的操作技巧与禁忌	387

八、焊工安全方面的禁忌

1. 焊工安全用电的禁忌	403
2. 焊工预防火灾和爆炸事故的禁忌	404
3. 焊工预防职业病的禁忌	406
4. 焊工登高、野外作业焊接的禁忌	408
5. 焊工使用氧气的禁忌	409
6. 焊工使用乙炔气瓶的禁忌	411
7. CO ₂ 气体的使用技巧与禁忌	412

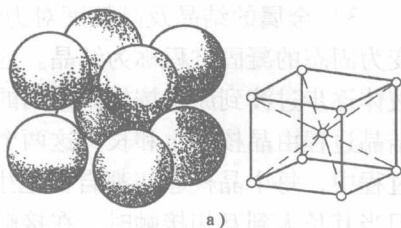
参考文献

一、焊接基础知识

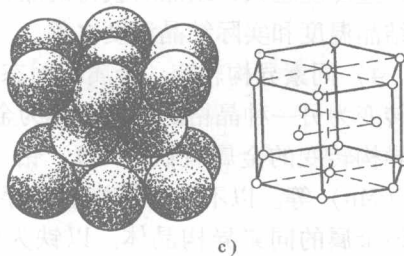
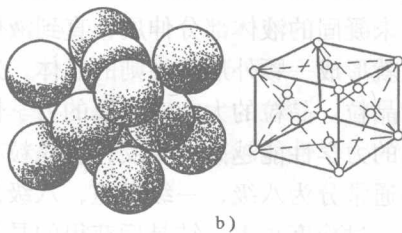
1. 金属晶体结构的基础知识

(1) 晶体结构

1) 晶体和非晶体：一般的固态金属及合金都是晶体。在晶体中，原子按一定规律排列得很整齐。而玻璃、松香等属于非晶体。在非晶体中，原子则是散乱分布，至多有些局部的短程规则排列。



2) 典型的金属晶体结构：金属的原子按一定方式有规则地排列成一定空间几何形状的结晶格子，称为晶格。常见的金属晶格有体心立方晶格、面心立方晶格和密排六方晶格，如图 1-1 所示。



①体心立方晶格。体心立方晶格的晶胞是一个立方体，原子位于立方体的八个顶角上和立方体的中心，如图 1-1a 所示，属于这种晶格类型的金属有铬（Cr）、钒（V）、钨

图 1-1 典型的金属晶体结构

a) 体心立方晶格 b) 面心立方晶格
c) 密排六方晶格



(W)、钼 (Mo) 及 α -铁 (α -Fe) 等金属。

②面心立方晶格。面心立方晶格的晶胞也是一个立方体，原子位于立方体的八个顶角上和立方体六个面的中心，如图 1-1b 所示。属于这种晶格类型的金属有铝 (Al)、铜 (Cu)、铅 (Pb)、镍 (Ni) 及 γ -铁 (γ -Fe) 等金属。

③密排六方晶格。密排六方晶格的晶胞是一个正六方柱体，原子排列在柱体的每个角顶上和上、下底面的中心，另外三个原子排列在柱体内，如图 1-1c 所示。属于这种晶格类型的金属有镁 (Mg)、铍 (Be)、镉 (Cd) 及锌 (Zn) 等金属。

3) 金属的结晶及晶粒度对力学性能的影响：金属由液态转变为固态的凝固过程称为结晶。这一过程是原子由不规则排列的液体逐步过渡到原子按规则排列的晶体结构形成的过程，金属的结晶过程由晶核产生和长大这两个基本过程组成。在金属的结晶过程中，每个晶核起初都自由地生长，并保持比较规则的外形。但当其长大到互相接触时，在接触处的生长就被迫停止，只能向尚未凝固的液体部分伸展，直到液体全部凝固。这样，每一颗晶核就形成一颗外形不规则的晶体。这些外形不规则的晶体通常称为晶粒。晶粒的大小对金属的力学性能影响很大，晶粒越细，金属的力学性能越高。相反，若晶粒粗大，力学性能就差。晶粒大小通常分为八级，一级最粗，八级最细。晶粒的大小与过冷度有关，过冷度越大，结晶后获得的晶粒就越细。“过冷度”是指理论结晶温度和实际结晶温度之差。

4) 同素异构转变：金属在固态下随温度的变化，由一种晶格转变为另一种晶格的现象，称为金属的同素异构转变。具有同素异构转变的金属有铁 (Fe)、钴 (Co)、钛 (Ti)、锡 (Zn)、锰 (Mn) 等。以不同的晶格形式存在的同一金属元素的晶体称为该金属的同素异构晶体。以铁为例，我们来学习同素异构转变。图 1-2 为纯铁的冷却曲线。由图 1-2 可见，液态纯铁在 1538°C 进行结晶，得到具有体心立方晶格的 δ -Fe，继续冷却到 1394°C 时发生同素异构转变， δ -Fe 转变为面心立方晶格的 γ -Fe，



再冷却到 912℃ 时又发生同素异构转变, γ -Fe 转变为体心立方晶格的 α -Fe。直到室温, 晶格的类型不再发生变化。

δ -Fe $\xleftrightarrow{1394^{\circ}\text{C}}$ γ -Fe $\xleftrightarrow{912^{\circ}\text{C}}$ α -Fe
 (体心立方晶格) (面心立方晶格) (体心立方晶格)

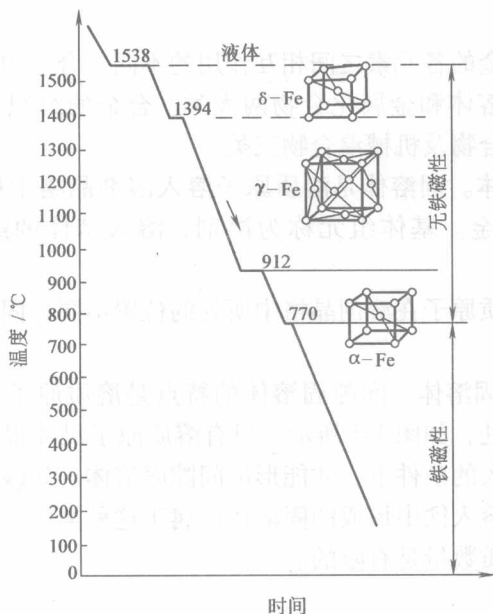


图 1-2 纯铁的冷却曲线

金属的同素异构转变是一个重结晶过程, 应遵循着结晶的一般规律: 即有一定的转变温度, 转变时需要过冷, 有潜热产生, 同素异构转变过程也是由晶核形成和晶核长大来完成的。但同素异构转变属于固态转变, 又有本身的特点, 例如转变需要较大的过冷度。晶格的变化伴随着体积的变化, 转变时会产生较大的内应力。

纯铁同素异构转变的这种特性非常重要, 是钢材通过各种热处理方法来改变其组织, 从而改善性能的内在因素之一, 也是焊接热影响区中具有不同组织和性能的原因之一。



(2) 合金的组织、结构及铁碳合金的基本组织

1) 合金的组织结构类型：合金是指两种或两种以上的金属元素或金属元素与非金属元素熔合在一起所得到的具有金属特性的物质。例如，工业上广泛应用的碳素钢和铸铁就是铁和碳组成的合金。

根据合金的各元素之间相互作用的不同，合金中的相结构大致可分为固溶体和金属化合物两大类。合金的组织主要有固溶体、金属化合物及机械混合物三类。

①固溶体。固溶体是溶质原子溶入溶剂晶格中所形成的均匀的固体合金。基体组元称为溶剂，溶入基体的组元称为溶质。

根据溶质原子在溶剂晶格中所处的位置不同，固溶体分为两类：

a. 间隙固溶体。间隙固溶体的特点是溶质原子分布在溶剂晶格的间隙处，如图 1-3 所示。只有溶质原子尺寸很小、溶剂的晶格间隙较大的条件下，才能形成间隙固溶体。如碳、氮、硼等非金属元素溶入铁中形成的固溶体即属于这种类型。间隙固溶体所溶解的溶质数量是有限的。

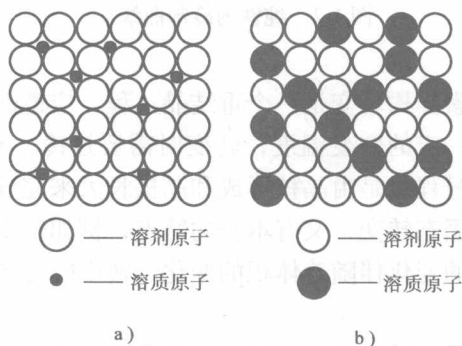


图 1-3 固溶体结构示意图

a) 间隙固溶体 b) 置换固溶体



b. 置换固溶体。两种原子直径大小相近,则在形成固溶体时,溶剂晶格上的部分原子被溶质原子所置换(图 1-3b),这类固溶体称为置换固溶体。

无论是间隙固溶体还是置换固溶体,都因溶质原子的加入而使溶剂晶格发生歪扭,从而使合金对塑性变形的抗力增加。这种通过溶入溶质元素形成固溶体,使金属材料强度、硬度增高的现象,称为固溶强化。固溶强化是提高金属材料力学性能的一种重要途径。

固溶强化在提高金属强度的同时可能使其塑性、韧性下降。实践证明,只要溶质的浓度适当,则在强化的同时仍能保持良好的塑性和韧性。实际使用的金属材料绝大多数是形成固溶体或以固溶体称为基体的合金。

②金属化合物。组成合金的组元,按一定原子数量比相互化合而成的完全不同于原组元晶格的新相,且具有金属特性的固体合金称为金属化合物。

金属化合物最突出的特点是,它具有完全不同于原组元的晶体结构。例如 Fe 是面心立方晶格或体心立方晶格, C 一般情况下是六方晶格,而 Fe 与 C 组成的化合物—— Fe_3C ,它具有复杂晶体结构。

金属化合物一般具有很高的硬度、很大的脆性。当合金中出现金属化合物时,通常能提高合金的强度、硬度和耐磨性。

③机械混合物。当组成合金的组元,其数量不能完全溶解或完全化合时,则形成由两相或多相构成的组织,这种组织称为机械混合物。

机械混合物中各个相仍保持各自的晶格和性能,因而机械混合物的性能取决于各组成相(相即为合金中成分、结构及性能相同的均匀组成部分)的相对数量、形状、大小和分布情况。

工业上绝大多数合金是属于机械混合物组织的,如钢、生铁、铝合金、青铜、轴承合金等。由机械混合物构成的合金往往比单一固溶体具有更高的强度和硬度。



2) 铁碳合金的基本组织: 钢铁材料是工业中应用最广泛的合金, 它们主要是由铁和碳组成的合金 (合金钢还含有少量其他元素), 由于铁和碳的组织结构不同, 铁碳合金的基本组织有以下几种:

①铁素体 (F)。铁素体是少量的碳和其他合金元素固溶于 α -Fe 中的固溶体。 α -Fe 为体心立方晶格, 碳原子以间隙状态存在, 合金元素以置换状态存在。铁素体的强度和硬度低, 但塑性和韧性很好。

②渗碳体 (Fe_3C)。渗碳体是铁和碳的化合物, 分子式是 Fe_3C 。其性能与铁素体相反, 硬而脆, 随着钢中含碳量的增加, 钢中渗碳体的量也增多, 则钢的硬度、强度也增加, 而塑性、韧性则下降。

③珠光体 (P)。珠光体是铁素体和渗碳体的机械混合物, 碳的质量分数 [$w(\text{C})$] 为 0.8% 左右。珠光体的性能介于铁素体和渗碳体之间, 其强度较高, 硬度适中, 具有一定的塑性。

④奥氏体 (A)。奥氏体是碳和其他合金元素在 γ -Fe 中的固溶体。在一般钢材中, 只有在高温时存在。奥氏体为面心立方晶格, 奥氏体的强度和硬度不高, 塑性和韧性很好。奥氏体的另一特点是没有磁性。

⑤马氏体 (M)。马氏体是碳在 α -Fe 中的过饱和固溶体。马氏体的体积比相同重量的奥氏体的体积大, 因此由奥氏体转变为马氏体时体积要膨胀, 局部体积膨胀后引起的内应力往往导致零件变形、开裂。马氏体的性能也是硬度很高, 其过饱和的碳越多, 硬度越高。

⑥莱氏体 (Ld)。莱氏体是 $w(\text{C})$ 为 4.3% 的合金, 是在 1148℃ 时从液相中同时结晶出来的奥氏体和渗碳体的混合物。由于奥氏体在 727℃ 时还将转变为珠光体, 所以在室温下的莱氏体由珠光体和渗碳体组成, 这种混合物仍叫莱氏体, 还用符号 Ld 表示。莱氏体的力学性能和渗碳体相似, 硬度高, 塑性很差。

⑦魏氏组织。魏氏组织是一种粗大的过热组织, 碳钢过热,



晶粒长大后，很容易形成。粗大的魏氏组织使钢材的塑性和韧性下降，使钢变脆。

(3) 铁碳合金相图的构造及应用 钢和铸铁都是铁碳合金， $w(C)$ 为 2.11% 的铁碳合金称为钢， $w(C)$ 等于 2.11% ~ 6.67% 的铁碳合金称为铸铁。为了全面了解铁碳合金在不同温度下所处的状态及所具有的组织结构，可用 Fe-C 合金相图来表示这种关系，如图 1-4 所示。

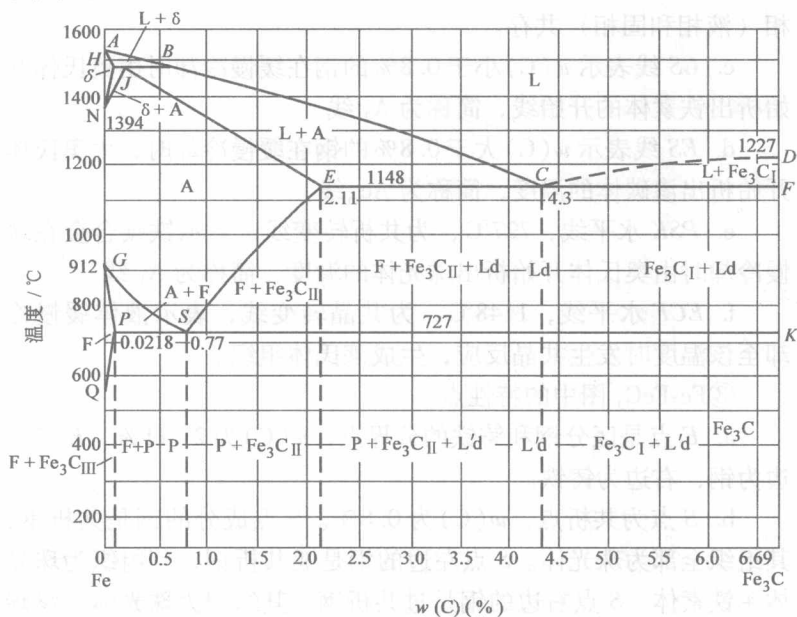


图 1-4 Fe-Fe₃C 合金相图

1) 铁碳合金相图的构造: Fe-C 铁碳合金相图是表示在极缓慢加热 (或冷却) 条件下, 不同成分的铁碳合金、在不同温度时所具有的状态或组织的图形。图 1-4 中纵坐标表示温度。横坐标表示铁碳合金中碳的含量, 例如, 在横坐标左端, $w(C)$ 为 0, 即为纯铁; 在右端, $w(C)$ 为 6.69%, 全部为渗碳体 (Fe₃C)。



①Fe-Fe₃C 图中的组织。铁碳合金在不同含碳量和不同温度下形成的组织如图 1-4 所示。

②Fe-Fe₃C 图中的特性线

a. ACD 线为液相线，在 ACD 线以上的合金为液相，用 L 表示。

b. AHJEF 线为固相线，在 AHJEF 线以下合金呈固相。在液相线和固相线之间为合金的结晶区域（凝固区），这个区域为两相（液相和固相）共存。

c. GS 线表示 $w(C)$ 小于 0.8% 的钢在缓慢冷却时由奥氏体开始析出铁素体的开始线，简称为 A₃ 线。

d. ES 线表示 $w(C)$ 大于 0.8% 的钢在缓慢冷却时，由奥氏体开始析出渗碳体的温度，简称为 A_{c_m} 线。

e. PSK 水平线，727℃，为共析转变线，表示铁碳合金在缓慢冷却时由奥氏体开始析出珠光体的温度，简称为 A₁ 线。

f. ECF 水平线，1148℃，为共晶转变线，表示液体缓慢冷却至该温度时发生共晶反应，生成莱氏体组织。

③Fe-FeC₃ 图中的特性点

a. E 点是区分钢和铸铁的分界点， $w(C)$ 为 2.11%。E 点左边为钢，右边为铸铁。

b. S 点为共析点， $w(C)$ 为 0.8%。S 点成分的钢是共析钢，其组织全部为珠光体。S 点左边的钢是亚共析钢，其组织为珠光体 + 铁素体。S 点右边的钢是过共析钢，其组织为珠光体 + 渗碳体。

c. C 点为共晶点， $w(C)$ 为 4.3%。C 点成分的合金为共晶白口铸铁，C 点左边的铸铁为亚共晶白口铸铁，C 点右边的铸铁为过共晶白口铸铁。共晶白口铸铁组织为莱氏体，莱氏体组织在常温下是珠光体 + 渗碳体的机械混合物，其性能硬而脆。

2) 铁碳合金相图的应用：现以 $w(C)$ 为 0.2% 的低碳钢为例，说明室温加热过程中钢的组织变化。低碳钢室温下的组织为珠光体 + 铁素体，当温度上升到 PSK(A₁) 线以上时，组织变为