

NCHHY

常见金属材料基础知识

(简要读本 仅供内部使用)



华阳恩赛有限公司 (中美合资)

NCH HUAYANG LTD.

二零零四年十二月

目 录

前 言.....	4
第一章 概述.....	5
第二章 金属材料.....	7
第一讲 黑色金属.....	7
第一节 铁及其分类.....	7
1.生铁.....	8
2.铸铁.....	9
第二节 钢及其分类.....	13
1.按品质分类.....	13
2.按化学成份分类.....	14
3.按成形方法分类.....	14
4.按用途分类.....	14
5.按金相组织分类.....	15
6.综合分类.....	17
7.按冶炼方法分类.....	17
8.按钢材外形分类.....	17
第三节 中国钢号表示方法.....	18
1.中国钢号表示方法概述.....	18
2.中国钢号表示方法的分类说明.....	18
第四节 板材知识.....	26
1.钢板（包括带钢）的分类.....	26
2.硅钢片牌号表示方法.....	27
3.电镀锡板和热镀锌板.....	27
4.沸腾钢板与镇静钢板.....	29
5.优质碳素结构钢板.....	30
6.专用结构钢板.....	30
7.彩色涂层钢板.....	31
8.船体用结构钢.....	31
9.宝钢 1550 冷轧产品牌号命名方法.....	31
第五节 型材知识.....	32
1.型材的分类.....	32
2.型钢中大、中、小型的划分.....	33
3.热轧带肋钢筋.....	34

4.热轧 H 型钢.....	35
5.冷弯型钢.....	35
第六节 管材知识.....	36
1.管材的分类.....	36
2.无缝钢管.....	36
3.焊接钢管.....	37
第七节 不锈钢知识.....	37
1.不锈钢热轧钢.....	37
2.不锈钢冷轧钢板.....	38
3.各种不锈钢的特性和用途.....	39
4.世界各国不锈钢标准钢号对照表.....	39
第二讲 有色金属材料（非黑色金属）.....	42
第一节 有色金属概述.....	42
1.有色金属分类.....	42
2.有色金属产品牌号表示方法.....	43
第二节 铜及铜合金.....	46
1.纯铜.....	46
2.铜合金.....	46
3.铜材.....	49
第三节 铝及铝合金.....	52
1.纯铝产品.....	52
2.压力加工铝合金.....	53
3.铝材.....	54
4.铸造铝合金.....	54
5.高强度铝合金.....	55
第三章 金属腐蚀基础.....	56
第一讲 金属腐蚀概述.....	56
第一节 金属腐蚀的分类.....	56
第二节 金属腐蚀的形态.....	56
1.全面（均匀）腐蚀.....	57
2.孔蚀.....	57
3.缝隙腐蚀.....	58
4.脱层腐蚀.....	59
5.晶间腐蚀.....	59
6.选择性腐蚀.....	60
7.磨损腐蚀.....	60

8.应力腐蚀破裂.....	61
9.氢腐蚀.....	62
10.腐蚀疲劳.....	63
第二讲 黑色金属及其合金耐蚀性.....	64
第一节 碳钢和普通铸铁的耐蚀性.....	64
1.耐蚀性能.....	64
2.影响耐蚀性的因素.....	64
第二节 耐蚀合金铸铁.....	64
第三节 耐蚀低合金钢.....	65
第四节 不锈钢的耐蚀性.....	65
1.铬 13 不锈钢.....	65
2.铬 17 不锈钢.....	66
3.铬 18 镍 9 不锈钢.....	66
4.铬 18 镍 12 钼 (钛) 不锈钢.....	67
5.铬 20 镍 22~30 不锈钢 20 号合金.....	67
第三讲 有色金属及其合金耐蚀性.....	68
第一节 铜及其合金.....	68
1.纯铜.....	68
2.铜合金.....	68
第二节 铝及其合金.....	69
1.铝.....	69
2.铝合金.....	69
第三节 钛及其合金.....	69
1.纯钛.....	69
2.钛合金.....	70
第四节 镍及其合金.....	70
1.镍.....	70
2.镍合金.....	70

前 言

随着时间的进步，华阳恩赛有限公司的销售员工对“未来战略”和“两手都要硬的经营策略”有了全面地认知、深刻地理解和积极地行动！这种喜人形势已被总公司每月的《情况通报》所诠释！

华阳恩赛有限公司的决策者面对这种“全面繁荣”的局面，根据诸多项目的销售过程、销售细节、以及销售员工反映的情况，及时洞察出销售活动中出现的问题、存在的不足，理性地向广大销售员工发出了“学习、学习、再学习”的读书倡导，要求大家做一个学习型的销售员、做一个专业的销售员。

为此，总经理吴铁军先生特别要求工程师推荐了一些相关的专业书籍，并编辑了《常见金属材料基础知识（简要读本）》供广大销售员业余时间学习清洗、防锈方面的基础知识，以便更好地推动、提升每个销售员工的销售业绩，实现华阳恩赛有限公司的战略目标！

本次技术专业读书活动在华阳恩赛有限公司的历史上尚属首次，工程师推荐的书目、编辑的简要读本尚存在欠缺或不足，敬请赐教！

华阳恩赛有限公司 工程师

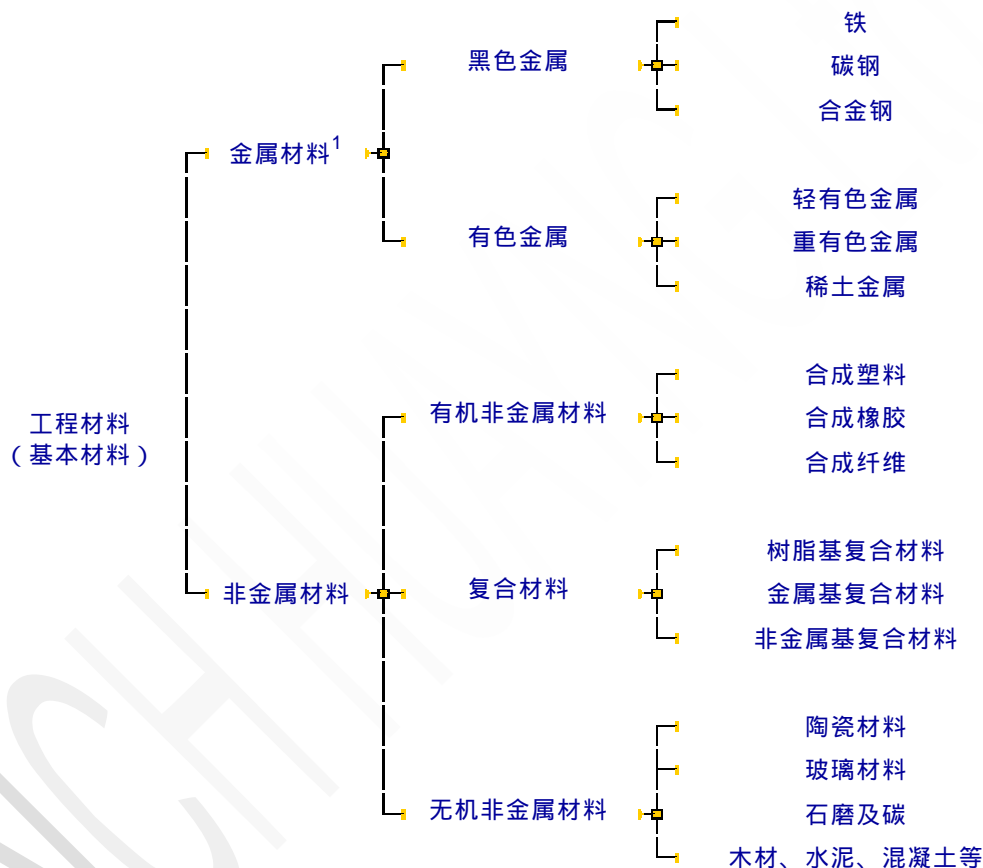
2004 年 12 月 31 日

常见金属材料基础知识

(简要读本)

第一章 概述

在机械、工程等工业领域中，采用的材料种类及品种繁多、涉及范围及其广泛。其分类如下：



1 金属组织

- 金属：具有不透明、金属光泽良好的导热和导电性并且其导电能力随温度的增高而减小，富有延性和展性等特性的物质。金属内部原子具有规律性排列的固体（即晶体）。
- 合金：由两种或两种以上金属或金属与非金属组成，具有金属特性的物质。
- 相：合金中成份、结构、性能相同的组成部分。
- 固溶体：是一个（或几个）组元的原子（化合物）溶入另一个组元的晶格中，而仍保持另一组元的晶格类型的固态金属晶体，固溶体分间隙固溶体和置换固溶体两种。
- 固溶强化：由于溶质原子进入溶剂晶格的间隙或结点，使晶格发生畸变，使固溶体硬度和强度升高，这种现象叫固溶强化现象。
- 化合物：合金组元间发生化合作用，生成一种具有金属性能的新的晶体固态结构。
- 机械混合物：由两种晶体结构而组成的合金组成物，虽然是两面种晶体，却是一种组成成分，具有独立的机械性能。

随着生产的迅速发展，特别是电子产业、航空航天技术的突飞猛进，不断地对材料的性能²提出了愈来愈高的要求。而传统单一材料往往不能全面满足强度、韧性、重量和稳定性等方面的要求，为使各种材料之间的优点互补，获得性能更加优越的材料，人们研制出各种新型复合材料。就是由两种或两种以上不同材料的组合材料，其性能通常兼有组成材料的各种优点，有着非常广阔的发展前景。

中国经过几十年的努力，钢铁工业已同过去的仅能生产 100 多个钢种、400 多个品种的钢材发展到现在能生产 1000 多个钢种、4 万多个品种的钢材，特别是国防工业和高精尖技术，包括原子弹、氢弹、导弹、核潜艇、通讯卫星、火箭等需要的关键金属³材料。都已由国内自行研制开发成功，最大限度满足了其需要。

2 金属材料性能

为更合理使用金属材料，充分发挥其作用，必须掌握各种金属材料制成的零、构件在正常工作情况下应具备的性能（使用性能）及其在冷热加工过程中材料应具备的性能（工艺性能）。

材料的使用性能包括物理性能（如比重、熔点、导电性、导热性、热膨胀性、磁性等）、化学性能（耐用腐蚀性、抗氧化性），力学性能（机械性能）。材料的工艺性能指材料适应冷、热加工方法的能力。

1) 机械性能（力学性能）：机械性能是指金属材料在外力作用下所表现出来的特性。

- 强度：材料在外力（载荷）作用下，抵抗变形和断裂的能力。材料单位面积受载荷称应力。
- 屈服点（ σ_s ）：称屈服强度，指材料在拉伸过程中，材料所受应力达到某一临界值时，载荷不再增加变形却继续增加或产生 0.2%L₀ 时应力值，单位用牛顿/毫米²（N/mm²）表示。
- 抗拉强度（ σ_b ）也叫强度极限指材料在拉断前承受最大应力值。单位用牛顿/毫米²（N/mm²）表示。
- 延伸率（ δ ）：材料在拉伸断裂后，总伸长与原始标距长度的百分比。
- 断面收缩率（ ψ ）材料在拉伸断裂后、断面最大缩小面积与原断面面积百分比。
- 硬度：指材料抵抗其它更硬物压力其表面的能力，常用硬度按其范围测定布氏硬度（HBS、HBW）和洛氏硬度（HKA、HKB、HRC）
- 冲击韧性（ A_k ）：材料抵抗冲击载荷的能力，单位为焦耳/厘米²（J/cm²）。

2) 工艺性能：指材料承受各种加工、处理的能力的那些性能。

- 铸造性能：指金属或合金是否适合铸造的一些工艺性能，主要包括流动性、充满铸模能力；收缩性、铸件凝固时体积收缩的能力；偏析指化学成分不均性。
- 焊接性能：指金属材料通过加热或加热和加压焊接方法，把两个或两个以上金属材料焊接到一起，接口处能满足使用目的的特性。
- 顶气段性能：指金属材料能承受顶锻而不破裂的性能。
- 冷弯性能：指金属材料在常温下能承受弯曲而不破裂性能。弯曲程度一般用弯曲角度（ α ）或弯心直径 d 对材料厚度 a 的比值表示， a 愈大或 d/a 愈小，则材料的冷弯性愈好。
- 冲压性能：金属材料承受冲压变形加工而不破裂的能力。在常温进行冲压叫冷冲压。检验方法用杯突试验进行检验。
- 锻造性能：金属材料在锻压加工中能承受塑性变形而不破裂的能力。

3) 化学性能：指金属材料与周围介质接触时抵抗发生化学或电化学反应的性能。

- 耐腐蚀性：指金属材料抵抗各种介质侵蚀的能力。
- 抗氧化性：指金属材料在高温下，抵抗产生氧化皮能力。

3 本简要读本中未涉及胶泥、涂料、化学品、核材料等。

第二章 金属材料

金属材料是应用最广泛的材料，目前仍占据材料工业的主导地位。从常用材料标准数据中，我们可以发现包括九大类约 1200 余种常用材料，它们包括黑色金属的型钢、钢板及钢带、钢管、钢丝、钢丝绳，有色金属的棒材、线材、板材、带材及箔材、管材等 9 大类。

第一讲 黑色金属

在介绍钢的分类之前先简单介绍一下黑色金属的基本概念。

黑色金属：如生铁、铁合金、铸铁、钢、合金钢等。钢和生铁都是以铁为基础，以碳为主要添加元素的合金，统称为铁碳合金。

习惯上把碳含量 > 2.11% 的归类于铁，碳含量 < 2.11% 的归类于钢。

当铁中含 C 在 0.03%~1.2% 范围时则为钢，含 C 1.2%~2.5% 的铁缺乏实用性，一般不进行工业生产。

第一节 铁及其分类

生铁是指把铁矿石⁴放到高炉中冶炼⁵而成的产品，也叫“铁铁”。

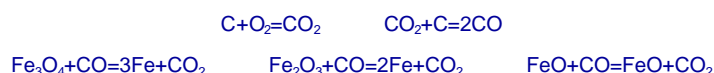
生铁是高炉产品，可分为⁶普通生铁和合金生铁，前者包括炼钢生铁和铸造生铁，后者主要是锰铁和硅铁。合金生铁作为炼钢的辅助材料，在炼钢时做钢的脱氧剂和合金元素添加剂用。

生铁是含碳量 2.11%~6.67% 并含有非铁杂质较多的铁碳合金。生铁的杂质元素主要是硅、硫、锰、磷等。

生铁质硬而脆，缺乏韧性，几乎没有塑性变形能力，因此不能通过锻造、轧制、拉拔等方法加工成形。但含硅高的生铁（灰口铁）的铸造及切削性能良好。

4 铁的主要矿石有：赤铁矿 Fe_2O_3 ，含铁量在 50%~60% 之间；磁铁矿 Fe_3O_4 ，含铁量 60% 以上有磁性，还有褐铁矿 $2\text{FeO}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、菱铁矿 FeCO_3 和黄铁矿 FeS_2 ，它们的含铁量低一些，但比较容易冶炼。中国的铁矿资源非常丰富，著名的产地有湖北大冶、东北鞍山等。

5 单质铁的制备一般采用冶炼法。以赤铁矿 Fe_2O_3 和磁铁矿 Fe_3O_4 为原料，与焦炭和助溶剂在熔矿炉内反应，焦炭燃烧产生 CO_2 气， CO_2 气与过量的焦炭接触就生成 CO 气， CO 气和氧化铁作用就生成金属铁。



6 另一种理解是：生铁、铁合金属于炉料，即冶炼用原料。铸铁是用生铁（主要是铸造生铁）冶炼后的产品。

1.生铁

生铁是含碳量大于2% (2.11%)的铁碳合金,工业生铁含碳量一般在2.5%~4.0%,并含Si、Mn、S、P等元素,是用铁矿石经高炉冶炼的产品。

生铁生铁按含硅(Si)量划分铁号,按含锰(Mn)量分组,按含磷(P)量分级,按含硫(S)量分类。

1) 炼钢生铁

炼钢生铁含硅量不大于1.7%,碳以 Fe_3C 状存在。故硬而脆,断口呈白色。主要用作炼钢原料和可锻铸铁原料,炼钢生铁见下表所示。

炼钢用生铁(根据GB717-82)

铁号	代号	L04	L08	L10
----	----	-----	-----	-----

2) 铸造用生铁

铸造生铁硅含量为1.25~3.6%。碳多以石墨状态存在。断口呈灰色。软、易切削加工。主要用来生产各种铸铁件原料如床身、箱体等。铸造生铁见下表所示:

铸造用生铁(根据YB/T14-91)

铁号	牌号	铸34	铸30	铸26	铸22	铸18	铸14
	代号	Z34	Z30	Z26	Z22	Z18	Z14

3) 球墨铸造用生铁

球墨铸造用生铁也是一种铸造生铁,只是低硫低磷。低硫使碳充分在铁中石墨化。低磷提高生铁的机械性能;主要用于生产性能(机械性能)较好的球墨铸铁件。球墨生铁见下表所示:

球墨铸铁用生铁(根据GB1412-85)

牌号	Q10	Q12	Q16
----	-----	-----	-----

此外现在应用的还有含钒生铁、铸造用磷铜钛低合金耐磨生铁,见下面两个表:

含钒生铁(根据GB5025-85)

铁号	牌号	钒02	钒03	钒04	钒05
	代号	F02	F03	F04	F05

铸造用磷铜钛低合金耐磨生铁(根据GB9949-88)

铁号	NMZ34	NMZ30	NMZ26	NMZ22	NMZ18	NMZ14
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

2. 铸铁⁷

铸铁是含碳大于 2.11%的铁碳合金，它是将铸造生铁（部分炼钢生铁）在炉中重新熔化，并加入铁合金、废钢、回炉铁调整成分而得到。与生铁区别是铸铁是二次加工，大都加工成铸件。铸件具有优良的铸造性可制成复杂零件，一般有良好的切削加工性。另外具有耐磨性和消震性良好，价格低等特点。

7 根据碳在铸铁中存在的形态不同，通常可将铸铁分为白口铸铁、灰口铸铁及麻口铸铁。见下表：

铸铁名称	石墨化进行程度			特性及应用
	第一阶段	第二阶段	第三阶段	
灰口铸铁	完全石墨化	完全石墨化	完全石墨化	灰铸铁通常是指具有片状石墨的灰口铸铁，这种铸铁具有一定的机械性能、良好的铸造性能以及其它多方面的优良性能，因而在机械制造业中获得最广泛的应用。灰铸铁分级：HT100、HT150、HT200、HT250、HT300、HT350。而灰铸铁中又可根据石墨的形态不同而分为普通灰铸铁、蠕虫状石墨铸铁、球墨铸铁以及可锻铸铁。
			部分石墨化	球墨铸铁和蠕墨铸铁一般是用稀土镁合金对铁液进行处理，以改善石墨形态从而得到比灰铸铁有更高机械性能的铸铁。
			未石墨化	球墨铸铁依照其基体和性能特点而分为六种：即铁素体（高韧性）球墨铸铁、珠光体（高强度）球墨铸铁，贝氏体（耐磨）球墨铸铁，奥氏体—贝氏体（耐磨）球墨铸铁，马氏体—奥氏体（抗磨）球墨铸铁及奥氏体（耐热、耐蚀）球墨铸铁。
麻口铸铁	部分石墨化	未石墨化	未石墨化	蠕墨铸铁具有不同比例的珠光体—铁素体基体组织。铸铁性能与其石墨的蠕化程度（蠕化率）及基体有关。在石墨蠕化良好条件下，珠光体蠕墨铸铁的强度和硬度较高，耐磨性强。适于制造耐磨零件，如汽车的刹车鼓等。而铁素体蠕墨铸铁的导热性较好，在高温作用下，不存在珠光体分解问题，组织较稳定，适用于制造在高温下工作、需要有良好的抗热疲劳能力、导热性的零件，如内燃机汽缸盖、进排气歧管等。
白口铸铁	未石墨化	未石墨化	未石墨化	可锻铸铁是将白口铸铁通过固态石墨化热处理（包括有或无脱碳过程）得到的具有团絮状石墨的铁碳合金。采用不同的热处理方法，可以得到具有不同组织和性能的可锻铸铁，即黑心可锻铸铁、珠光体可锻铸铁和白心可锻铸铁。当将白口铸铁毛坯件在密封的退火炉中进行热处理，即在中性炉气条件下退火时，得到的铸铁组织中有呈团絮状的石墨（退火碳）存在。这种石墨虽不很圆整和紧密，但它对基体的割裂作用则比灰铸铁中的片状石墨要小得多，因此它能使铸铁得到较高的强度及良好的韧性。铸铁的基体可以通过热处理来加以控制，使之成为铁素体或珠光体。用这种方法得到的铁素体基体可锻铸铁因组织中有石墨存在，因而铸铁的断面呈暗灰色，而在表层经常有薄的脱碳层呈浅灰色，故通称为黑心可锻铸铁。而珠光体可锻铸铁则是以其基体命名的。

对任何一种特种铸铁而言，首先是要求具备一定的使用性能，如抗磨、耐热等。但由于是用来制造机器零件，就需要保证有一定的机械性能，主要是强度和塑性，为此需要在铸铁的化学成分设计上，考虑同时满足特定的使用性能和一定的机械性能这两方面的要求。

1) 铸铁牌号的表示方法

各种铸铁代号，由表示该铸铁特征的汉语拼音字母的第一个大写正体字母组成。当两种铸铁名称的代号字母相同时，可在该大写正体字母后加小写正体字母来区别。同一名称铸铁，需要细分时，取其细分特点的汉语拼音第一个大写正体字母，排列在后面。见下表：

铸铁名称、代号及牌号表示方法（根据 GB5612-85）

铸铁名称	代号	牌号表示方法实例
灰铸铁	HT	HT100
蠕墨铸铁	RuT	RuT400
球墨铸铁	QT	QT400-17
黑心可锻铸铁 白心可锻铸铁 珠光体可锻铸铁	KHT KBT KZT	KHT300-06 KBT350-04 KZT450-06
耐磨铸铁	MT	MT Cu1PTi-150
抗磨白口铸铁 抗磨球墨铸铁	KmBT KmQT	KmBTMn5Mo2Cu KmQTMn6
冷硬铸铁	LT	LTCrMoR
耐蚀铸铁 耐蚀球墨铸铁	ST SQT	STSi15R SQTAl15Si5
耐热铸铁 耐热球墨铸铁	RT RQT	RTCr2 RQTA16
奥氏体铸铁	AT	-

牌号中代号后面的一组数字，表示抗拉强度值；有两组数字时，第一组表示抗拉强度值，第二组表示延伸率值。两组数字中间用“—”隔开。

合金元素用国际元素符号表示，含量大于或等于1%时，用整数表示；小于1%时一般不标注。常规元素（C、Si、Mn、S、p）一般不标注，有特殊作用时，才标注其元素符号及含量。

2) 白口铸铁

白口铸铁中的碳全部以渗碳体（ Fe_3C ）形式存在，因断口呈亮白色。故称白口铸铁，由于有大量硬而脆的 Fe_3C ，白口铸铁硬度高、脆性大、很难加工。因此，在工业应用方面很少直接使用，只用于少数要求耐磨而不受冲击的制件，如拔丝模、球磨机铁球等。大多用作炼钢和可锻铸铁的坯料。

3) 灰口铸铁

铸铁中的碳大部或全部以自由状态片状石墨存在。断口呈灰色。它具有良好铸造性能、切削加工性好，减磨性，耐磨性好、加上它熔化配料简单，成本低、广泛用于制造结构复杂铸件和耐磨件。

灰口铸铁按基体组织不同，分为铁素体基灰口铸铁、珠光体-铁素体基灰口铸铁和珠光体基灰口铸铁三类。

由于灰口铸铁内存在片状石墨，而石墨是一种密度小，强度低、硬度低、塑性和韧性趋于零的组分。它的存在如同在钢的基体上存在大量小缺口，即减少承载面积，又增加裂纹源，所以灰口铸铁强度低、韧性差，不能进行压力加工。为改善其性能，在浇注前在铁水中加入一下量的硅铁，硅钙等孕育剂，使珠光体基体细化，石墨变细小而均匀分布，经过这种孕育处理的铸铁。称为孕育铸铁。灰口铸铁的牌号、性能组织及用途见下表：

表 4-21 灰口铸铁的牌号、组织及用途

铸铁类别	牌号	显微组织		用途举例
		基体	石墨	
铁素体灰口铸铁	HT100-260	F+P(少量)	粗片	低负荷和不重要的零件，如盖、外罩、手轮、支架、和重锤等
铁素体-珠光体灰口铸铁	HT150-330	F+P	较片粗	中等应力的零件，如支柱、底座、齿轮箱、工作台、刀架、端盖、阀体、管路、附件等
珠光体灰口铸铁	HT200-400	P	中等片状	承受较大应力、用作重要的零件，如汽缸、齿轮、机座、飞轮、床身、刹车轮、联轴器、齿轮箱和轴承座等
	HT250-470	细 P	较细片状	
孕育铸铁	HT300-540	S 或 T	细小片状	用作承受高弯曲应力及高抗压强度的重要零件，如齿轮、凸轮、车床卡盘、剪床及压力机机身和润滑阀壳体等
	HT350-610			
	HT400-680			

4) 可锻铸铁

可锻铸铁是用碳、硅含量较低的铁碳合金铸成白口铸铁坯件，再经过长时间高温退火处理，使渗碳体分解出团絮状石墨而成，即可锻铁是一种经过石墨化处理的白口铸铁。

可锻铸铁按热处理后显微组织不同分两类；一类是黑心可锻铸铁和珠光可锻铸铁。黑心可锻铸铁组织主要是铁素体（F）基体+团絮状石墨；珠光体可锻铸铁组织主要是珠光体（P）基体+团絮状石墨。另一类是白心可锻铸铁，白心可锻铸铁组织决定于断面尺寸，小断面的以铁素体为基体，大断面的表面区域为铁素体、心部为珠光体和退火碳。可锻铸铁牌号、性能（根据 GB9440-88）见下两表：

黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁

类别	A	B
牌号	KTH300-06	- KTH330-08

	KTH350-10	-
		KTH370-12
	KTZ450-06	-
	KTZ550-04	-
	KTZ650-02	-
	KTZ700-02	-

注：试样直径 12mm 只适于铸铁主要壁厚小于 10mm 的铸铁。 牌号 KTH30006 适于气密性零件。 牌号 B 系列为过渡牌号。

白心可锻铸铁

牌号	KTB350-04	KTB380-12	KTB400-05	KTB450-07
----	-----------	-----------	-----------	-----------

黑心可锻铸铁主要用于制造汽车、拖拉机零件及机床附件、如轮壳、弹簧支座、阀门等。珠光体可锻铸铁则用于制造曲轴、连杆、轮轴、活塞环等。

5) 球墨铸铁

在铁水（球墨生铁）浇注前加一定量的球化剂（常用的有硅铁、镁等）使铸铁中石墨球化。由于碳（石墨）以球状存在于铸铁基体中，改善其对基体的割裂作用，球墨铸铁的抗拉强度、屈服强度、塑性、冲击韧性大大提高。并具有耐磨、减震、工艺性能好、成本低等优点，现已广泛替代可锻铸铁及部分铸钢、锻钢件，如曲轴、连杆、轧辊、汽车后桥等。根据 GB1348-88 球墨铸铁牌号分为单铸和附铸试块两类；单铸试块分八个牌号见下表：

单铸试块

牌号	QT400-18	QT400-15	QT450-10	QT500-7
主要金相组织	铁素体	铁素体	铁素体	铁素体+珠光体
牌号	QT600-3	QT700-2	QT800-2	QT900-2
主要金相组织	珠光体+铁素体	珠光体	珠光体或回火组织	贝氏体或回火马氏体

附铸试块分为五个牌号见下表：

附铸试块

牌号	QT400-18A	QT400-15A	QT500-7A	QT600-3A	QT700-2A
主要金相组织	铁素体	铁素体	铁素体+珠光体	珠光体+铁素体	珠光体

注：牌号后面的字母 A 系表示该牌号在附铸试块上测定的机械性能，以区别上表的单试块测定的性能。

除上述介绍几种常用铸铁外，还有抗磨白口铸铁、冷硬铸铁，耐热铸铁等。

铸造生铁通过锻化、变质、球化等方法可以改变其内部结构，改善并提高其机械性能，因此，铸造生铁又可分为白口铸铁、灰口铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁和特种铸铁等品种。

第二节 钢及其分类

钢铁制品的使用到处可见，从家里的冰箱、厨具、洗衣机，交通的汽机车、铁道、电车、铁桥、船只，输电铁塔、住家大楼、工厂场房、机械类都是；钢铁制品是由铁矿砂提炼，经由加工过程作成各种用途的制品，其加工切削品或使用过的旧品变成废钢，是一种可以无限次回收循环使用的一种物资。

高炉熔出的铁铁碳含量高（C 含量 3%以上），硅（Si）、磷（P）、硫（S）等不纯物多，产品既硬且脆。

钢是用生铁（炼钢生铁）或生铁加一部分废钢炼成的钢中含碳量低于 2.11%，并使其杂质（主要指 S、P）含量降低到规定标准。

炼钢原料除铁、废钢外，还有去除不纯物用的熔剂，生石灰、萤石，脱氧剂合金铁等，使钢的品质提高。炼钢方法主要有转炉、电炉、平炉三种，随炼钢炉种类不同使用的原料各异，转炉用以熔铁，电炉以废钢为主原料，平炉使用铁和废钢。

钢铁经溶解后铸成模型，可轧延成棒状、板状、管状各种用途制品，容易加工又可大量生产，加入极少量其它物质经热处理可改变材料性质增加硬度，或提高铁纯度使物性软化，也可用温度控制高温急冷或缓冷达到使物性变硬或软；它的唯一缺点是会生锈，为避免钢铁制品与空气中的氧接触氧化生锈，一般都采用涂装物、镀锌等，或熔炼时添加镍、铬制成不锈钢。

钢是含碳量在 0.04%~2.3%之间的铁碳合金。为了保证其韧性和塑性，含碳量一般不超过 1.7%。钢的主要元素除铁、碳外，还有硅、锰、硫、磷等。钢的分类方法多种多样，其主要方法有如下七种：

1.按品质分类

按照钢中硫（S）和磷（P）的含量可分为普通钢、优质钢和高级优质钢。

- (1)普通钢（P 0.045%，S 0.055%）
- (2)优质钢（P、S 均 0.035%）
- (3)高级优质钢（P 0.035%，S 0.030%）

2.按化学成份分类

(1)碳素钢：

- a.低碳钢 (C 0.25%) ；
- b.中碳钢 (C 0.25~0.60%) ；
- c.高碳钢 (C 0.60%) 。

(2)合金钢：

- a.低合金钢 (合金元素总含量 5%)
- b.中合金钢 (合金元素总含量 > 5~10%)
- c.高合金钢 (合金元素总含量 > 10%) 。

3.按成形方法分类

- (1)锻钢；
- (2)铸钢；
- (3)热轧钢；
- (4)冷拉钢。

4.按用途分类

(1)建筑及工程用钢

- a.普通碳素结构钢；b.低合金结构钢；c.钢筋钢。

(2)结构钢

- a.机械制造用钢：(a)调质结构钢；(b)表面硬化结构钢：包括渗碳钢、渗氮钢、表面淬火用钢；(c)易切结构钢；(d)冷塑性成形用钢：包括冷冲压用钢、冷墩用钢。

b.弹簧钢

c.轴承钢

(3)工具钢

- a.碳素工具钢；b.合金工具钢；c.高速工具钢。

(4)特殊性能钢

a. 不锈钢；b. 耐热钢包括抗氧化钢、热强钢、气阀钢；c. 电热合金钢；d. 耐磨钢；e. 低温用钢；f. 电工用钢。

(5) 专业用钢？如桥梁用钢、船舶用钢、锅炉用钢、压力容器用钢、农机用钢等。

5. 按金相组织⁸分类

(1) 正火状态

a. 珠光体钢；

8 金相组织就是指材料的显微组织。有关金相组织与特性：

金相组织种类	组织特点
铁素体 (F)	1. 组织：碳在 α 铁中的固溶体 2. 特性：呈体心立方晶格。 溶碳能力最小，最大为 0.02%；硬度和强度很低， $HB=80\sim 120$ 、 $s_b=250N/mm^2$ ；而塑性和韧性很好， $d=50\%$ 、 $\psi=70\sim 80\%$ 。因此，含铁素体多的钢材（软钢）中用来做可压、挤、冲板与耐冲击震动的机件。这类钢有超低碳钢，如：0Cr13、1Cr13、硅钢片等。
奥氏体	1. 组织：碳在 γ 铁中的固溶体 2. 特性：呈面心立方晶格。 最高溶碳量为 2.06%，在一般情况下，具有高的塑性，但强度和硬度低（ $HB=170\sim 220$ ），奥氏体组织除了在高温转变时产生以外，在常温时亦存在于不锈钢、高铬钢和高锰钢中，如奥氏体不锈钢等
渗碳体 (C)	1. 组织：铁和碳的化合物（ Fe_3C ） 2. 特性：呈复杂的八面体晶格。 含碳量为 6.67%、硬度很高、 $HRC70\sim 75$ 、耐磨，但脆性很大。因此，渗碳体不能单独应用，而总是与铁素体混合在一起。碳在铁中溶解度很小，所以在常温下，钢铁组织内大部分的碳都是以渗碳体或其他碳化物形式出现。
珠光体 (P)	1. 组织：铁素体片和渗碳体片交替排列的层状显微组织，是铁素体与渗碳体机械混合物（共析体）。 2. 特性：是过冷奥氏体进行共析反应的直接产物。 其片层组织的粗细随奥氏体过冷程度不同，过冷程度越大，片层组织越细性质也不同。 奥氏体在约 600 分解成的组织称为细珠光体（有的叫一次索氏体），在 500~600 分解转变成用光学显微镜不能分辨其片层状的组织称为极细珠光体（有的一次屈氏体），它们的硬度较铁素体和奥氏体高，而较渗碳体低，其塑性较铁素体和奥氏体低而较渗碳体高。正火后的珠光体比退火后的珠光体组织细密，弥散度大，故其力学性能较好，但其片状渗碳体在钢材承受负荷时会引起应力集中，故不如索氏体。
莱氏体 (L)	1. 组织：奥氏体与渗碳体的共晶混合物 2. 特性：铁合金溶液含碳量在 2.06% 以上时，缓慢冷到 1130 便凝固出莱氏体。 当温度到达共析温度莱氏体中的奥氏体转变为珠光体。因此在 723 以下莱氏体是珠光体与渗碳体机械混合物（共晶混合）。莱氏体硬而脆（ $> HB700$ ），是一种较粗的组织，不能进行压力加工，如白口铁。在铸态含有莱氏体组织的钢有高速工具钢和 Cr12 型高合金工具钢等。这类钢一般有较大耐磨性和较好的切削性。
淬火与马氏体	1. 组织：碳在 α -Fe 中的过饱和固溶体，显微组织呈针叶状 2. 特性：淬火后获得的不稳定组织。 具有很高的硬度，而且随含碳量增加而提高，但含碳量超过 0.6% 后的硬度值基本不变，如含 C0.8% 的马氏体，硬度约为 HRC65，冲击韧性很低，脆性很大，延伸率和断面收缩率几乎等于零。奥氏体晶粒愈大，马氏体针叶愈大，则冲击韧性愈低；淬火温度愈低，奥氏体晶粒愈细，得到的马氏体针叶非常细小，即无针状马氏体组织，其韧性最高。
回火马氏 (S)	1. 组织：与淬火马氏体硬度相近，而脆性略低的黑色针叶状组织 2. 特性：淬火钢重新加热到 150~250 回火获得的组织。 硬度一般只比淬火马氏体低 HRC1-3 格，但内应力比淬火马氏体小。
下贝氏体 (B)	1. 组织：显微组织呈黑色针状形态，其中的铁素体呈现针状，而碳化物呈现极小的质点以弥散状分布在针状铁素体内。 2. 特性：过冷奥氏体在 400~240 等温度转变后的产物。 具有较高的硬度，约为 HRC40-55，良好的塑性和很高的冲击韧性，其综合机械性能比索氏体更好。因此，在要求较大的韧性和高强度相配合时，常以含有适当合金元素的中碳结构钢等温淬火，获得贝氏体以改善钢的机械性能，并减小内应力和变形。
低碳马氏体	具有高强度与良好的塑性、韧性相结合的特点（ $s_b=1200\sim 1600N/mm^2$ 、 $s_{0.2}=1000\sim 1300N/mm^2$ 、 $d_5=10\%$ 、 $\psi=40\%$ 、 $a_k=60J/cm^2$ ）；同时还有低的冷脆转化温度（ ≈ 60 ）；在静载荷、疲劳及多次冲击载荷下，其缺口敏感度和过载敏感性都较低。 低碳马氏体状态的 20SiMn2MoVA 综合力学性能，比中碳合金钢等温淬火获得的下贝氏体更好。 保持了低碳钢的工艺性能，但切削加工较难。

b.贝氏体钢；

c.马氏体钢；

d.奥氏体钢。

(2)退火⁹状态：

a.亚共析钢（铁素体+珠光体）；

b.共析钢（珠光体）；

c.过共析钢（珠光体+渗碳体）；

d.莱氏体钢（珠光体+渗体）。

(3)无相变或部分发生相变的

9 有关钢的热处理的名词：

- 退火：将钢加热到一定温度并保温一段时间，然后使它慢慢冷却，称为退火。钢的退火是将钢加热到发生相变或部分相变的温度，经过保温后缓慢冷却的热处理方法。退火的目的，是为了消除组织缺陷，改善组织使成分均匀化以及细化晶粒，提高钢的力学性能，减少残余应力；同时可降低硬度，提高塑性和韧性，改善切削加工性能。所以退火既为了消除和改善前道工序遗留的组织缺陷和内应力，又为后续工序作好准备，故退火是属于半成品热处理，又称预先热处理。
- 正火：正火是将钢加热到临界温度以上，使钢全部转变为均匀的奥氏体，然后在空气中自然冷却的热处理方法。它能消除过共析钢的网状渗碳体，对于亚共析钢正火可细化晶格，提高综合力学性能，对要求不高的零件用正火代替退火工艺是比较经济的。
- 淬火：淬火是将钢加热到临界温度以上，保温一段时间，然后很快放入淬火剂中，使其温度骤然降低，以大于临界冷却速度的速度急速冷却，而获得以马氏体为主的平衡组织的热处理方法。淬火能增加钢的强度和硬度，但要减少其塑性。淬火中常用的淬火剂有：水、油、碱水和盐类溶液等。
- 回火：将已经淬火的钢重新加热到一定温度，再用一定方法冷却称为回火。其目的是消除淬火产生的内应力，降低硬度和脆性，以取得预期的力学性能。回火分高温回火、中温回火和低温回火三类。回火多与淬火、正火配合使用。

调质处理：淬火后高温回火的热处理方法称为调质处理。高温回火是指在 500~650 之间进行回火。调质可以使钢的性能，材质得到很大程度的调整，其强度、塑性和韧性都较好，具有良好的综合机械性能。

时效处理：为了消除精密量具或模具、零件在长期使用中尺寸、形状发生变化，常在低温回火后（低温回火温度 150~250 ）精加工前，把工件重新加热到 100~150 ，保持 5~20 小时，这种为稳定精密制件质量的处理，称为时效。对在低温或动载荷条件下的钢材构件进行时效处理，以消除残余应力，稳定钢材组织和尺寸，尤为重要。

- 表面热处理

表面淬火：是将工件的表面通过快速加热到临界温度以上，但热量还未来得及传到心部之前迅速冷却，这样就可以把表面层被淬在马氏体组织，而心部没有发生相变，这就实现了表面淬硬而心部不变的目的。适用于中碳钢。

化学热处理：是指将化学元素的原子，借助高温时原子扩散的能力，把它渗入到工件的表面层去，来改变工件表面层的化学成分和结构，从而达到使钢的表面层具有特定要求的组织和性能的一种热处理工艺。按照渗入元素的种类不同，化学热处理可分为渗碳、渗氮、氰化和渗金属法等四种。

渗碳：渗碳是指使碳原子渗入到钢表面层的过程。也是使低碳钢的工件具有高碳钢的表面层，再经过淬火和低温回火，使工件的表面层具有高硬度和耐磨性，而工件的中心部分仍然保持着低碳钢的韧性和塑性。

渗氮：又称氮化，是指向钢的表面层渗入氮原子的过程。其目的是提高表面层的硬度与耐磨性以及提高疲劳强度、抗腐蚀性等。目前生产中多采用气体渗氮法。

氰化：又称碳氮共渗，是指在钢中同时渗入碳原子与氮原子的过程。它使钢表面具有渗碳与渗氮的特性。

渗金属：是指以金属原子渗入钢的表面层的过程。它是使钢的表面层合金化，以使工件表面具有某些合金钢、特殊钢的特性，如耐热、耐磨、抗氧化、耐腐蚀等。生产中常用的有渗铝、渗铬、渗硼、渗硅等。

6.综合分类

(1)普通钢

a.碳素结构钢：Q195；Q215(A、B)；Q235(A、B、C)；Q255(A、B)；Q275。

b.低合金结构钢

c.特定用途的普通结构钢

(2)优质钢（包括高级优质钢）

a.结构钢：(a)优质碳素结构钢；(b)合金结构钢；(c)弹簧钢；(d)易切钢；(e)轴承钢；(f)特定用途优质结构钢。

b.工具钢：(a)碳素工具钢；(b)合金工具钢；(c)高速工具钢。

c.特殊性能钢：(a)不锈钢；(b)耐热钢；(c)电热合金钢；(d)电工用钢；(e)高锰耐磨钢。

7.按冶炼方法分类

(1)按炉种分

a.平炉钢：(a)酸性平炉钢；(b)碱性平炉钢。

b.转炉钢：(a)酸性转炉钢；(b)碱性转炉钢。或(a)底吹转炉钢；(b)侧吹转炉钢；(c)顶吹转炉钢。

c.电炉钢：(a)电弧炉钢；(b)电渣炉钢；(c)感应炉钢；(d)真空自耗炉钢；(e)电子束炉钢。

(2)按脱氧程度和浇注制度分

a.沸腾钢；

b.半镇静钢；

c.镇静钢；

d.特殊镇静钢。

8.按钢材外形分类

钢材可分为型材、板材、管材、金属制品四大类。为便于采购、订货和管理，中国目前将钢材分为十六大品种：

类别	品种	说明
型材	重轨	每米重量大于 30 千克的钢轨（包括起重机轨）

	轻轨	每米重量小于或等于 30 千克的钢轨
	大型型钢	普通钢圆钢、方钢、扁钢、六角钢、工字钢、槽钢、等边和不等边角钢及螺纹钢等。按尺寸大小分为大、中、小型
	中型型钢	
	小型型钢	
	线材	直径 5~10 毫米的圆钢和盘条
	冷弯型钢	将钢材或钢带冷弯成型制成的型钢
	优质型材	优质钢圆钢、方钢、扁钢、六角钢等
	其它钢材	包括重轨配件、车轴坯、轮箍等
板材	薄钢板	厚度等于和小于 4 毫米的钢板
	厚钢板	厚度大于 4 毫米的钢板。 可分为中板（厚度大于 4mm 小于 20mm）、厚板（厚度大于 20mm 小于 60mm）、特厚板（厚度大于 60mm）
	钢带	也叫带钢，实际上是长而窄并成卷供应的薄钢板
	电工硅钢薄板	也叫硅钢片或矽钢片
管材	无缝钢管	用热轧、冷轧、冷拔或挤压等方法生产的管壁无接缝的钢管
	焊接钢管	将钢板或钢带卷曲成型，然后焊接制成的钢管
金属制品	金属制品	包括钢丝、钢丝绳、钢绞线等

第三节 中国钢号表示方法

1.中国钢号表示方法概述

钢的牌号简称钢号，是对每一种具体钢产品所取的名称，是人们了解钢的一种共同语言。中国的钢号表示方法，根据国家标准《钢铁产品牌号表示方法》（GB221-79）中规定，采用汉语拼音字母、化学元素符号和阿拉伯数字相结合的方法表示。即：

钢号中化学元素采用国际化学符号表示，例如 Si、Mn、Cr.....等。混合稀土元素用“RE”（或“Xt”）表示。

产品名称、用途、冶炼和浇注方法等，一般采用汉语拼音的缩写字母表示，见表。

钢中主要化学元素含量（%）采用阿拉伯数字表示。

2.中国钢号表示方法的分类说明

1) 碳素结构钢

由 Q+数字+质量等级符号+脱氧方法符号组成。它的钢号冠以“Q”，代表钢材的屈服点，后面的数字表示屈服点数值，单位是 Mpa。例如：Q235 表示屈服点（ss）为 235MPa 的碳素结构钢。

必要时钢号后面可标出表示质量等级和脱氧方法的符号。质量等级符号分别为 A、B、C、D。脱氧方法符号：F 表示沸腾钢；b 表示半镇静钢；Z 表示镇静钢；TZ 表示特殊镇静钢，镇静钢可不标符号，即 Z 和 TZ 都可不标。例如 Q235-AF 表示 A 级沸腾钢。

专门用途的碳素钢，例如桥梁钢、船用钢等，基本上采用碳素结构钢的表示方法，但在钢号最后附加表示用途的字母。

碳素结构钢牌号及其新旧标准牌号对照

牌号	等级	脱氧方法	GB700-88	GB700-79	
Q195	?	F、b、Z	不分等级，化学成分和力学性能（抗拉强度、伸长率和冷弯）均须保证，但轧制薄板和盘条之类产品，力学性能的保证项目，根据产品特点和使用要求，可在有关标准中另行规定	1号钢 Q195 的化学成分与本标准 1 号钢的乙类钢 B1 同，力学性能（抗拉强度，伸长率和冷弯）与甲类钢 A1 同（A1 的冷弯试验是附加保证条件）。1 号钢没有特类钢	
Q215	A	F、b、Z	A 级	A2 C2	(附加保证常温冲击试验，U 型缺口) (附加保证常温或-20℃冲击试验，U 型缺口)
	B		B 级（做常温冲击试验，V 型缺口）		
Q235	A	F、b、Z	A 级（不做冲击试验）	A3 C3 - -	
	B		B 级（做常温冲击试验，V 型缺口）		
	C		C 级（做为重要焊接结构用）		
	D		D 级（做为重要焊接结构用）		
Q255	A	F、b、Z	A 级	A4 C4	
	B		B 级（做常温冲击试验，V 型缺口）		
Q275	?	b、Z	不分等级化学成分和力学性能均须保证	C5	

2) 优质碳素结构钢

钢号开头的两位数字表示钢的碳含量，以平均碳含量的万分之几表示，例如平均碳含量为 0.45% 的钢，钢号为“45”，它不是顺序号，所以不能读成 45 号钢。

锰含量较高的优质碳素结构钢，应将锰元素标出，例如 50Mn。

沸腾钢、半镇静钢及专门用途的优质碳素结构钢应在钢号最后特别标出，例如平均碳含量为 0.1% 的半镇静钢，其钢号为 10b。

优质碳素结构钢牌号

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
牌号	08F	10F	15F	0.8	10	15	20	25	30	35	40
序号	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
牌号	45	50	55	60	65	70	75	80	85	15Mn	20Mn
序号	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
牌号	25Mn	30Mn	35Mn	40Mn	45Mn	50Mn	60Mn	65Mn	70Mn		

3) 碳素工具钢

钢号冠以“T”，以免与其他钢类相混。

钢号中的数字表示碳含量，以平均碳含量的千分之几表示。例如“T8”表示平均碳含量为 0.8%。

锰含量较高者，在钢号最后标出“Mn”，例如“T8Mn”。

高级优质碳素工具钢的磷、硫含量，比一般优质碳素工具钢低，在钢号最后加注字母“A”，以示区别，例如“T8MnA”。

碳素工具钢牌号

牌号	T7	T8	T8Mn	T9	T10	T11	T12	T13
----	----	----	------	----	-----	-----	-----	-----

碳素工具钢用途广泛。其中 T7、(T_{7A})、T8、(T_{8A}) 钢因韧性较好，主要用作承受震动与冲击载荷的工具，如凿子、打铁用模、各种锤子、木工工具等；T₉ (T_{9A}) 由于含碳量较高，故硬度、耐磨性较高、韧性较差，有一定韧性用作不受剧烈震动冲击的工具。如冲模、冲头、木工切削工具、凿岩凿子等到；T₁₀、(T_{10A})、T₁₁、(T_{11A}) 韧性尚可，耐磨、较硬、应用较广、制作要求较高且不受突然和剧烈冲愚味震动而需要一定韧性及具有锋利刀口的各种工具，如车刀、刨刀、钻头、板牙、铣刀、刀锯锯条及简单量具；T₁₂ (T_{12A})、T₁₃ (T_{13A}) 钢则用于制造不受震动，要求极高硬度的工具，如钻头、丝锥、锉刀、刮刀等。

4) 易切削钢

钢号冠以“Y”，以区别于优质碳素结构钢。

字母“Y”后的数字表示碳含量，以平均碳含量的万分之几表示，例如平均碳含量为 0.3%的易切削钢，其钢号为“Y30”。

锰含量较高者，亦在钢号后标出“Mn”，例如“Y40Mn”。

易切削钢牌号

牌号	Y12	Y12Pb	Y15	Y15Pb	Y20	Y30	Y35	Y40Mn	Y45Ca
----	-----	-------	-----	-------	-----	-----	-----	-------	-------

5) 合金结构钢

钢号开头的两位数字表示钢的碳含量，以平均碳含量的万分之几表示，如 40Cr。

钢中主要合金元素，除个别微合金元素外，一般以百分之几表示。当平均合金含量 < 1.5% 时，钢号中一般只标出元素符号，而不标明含量，但在特殊情况下易致混淆者，在元素符号后亦可标以数字“1”，例如钢号“12CrMoV”和“12Cr1MoV”，前者铬含量为 0.4~0.6%，后者为 0.9~1.2%，其余成分全部相同。当合金元素平均含量 1.5%、2.5%、3.5%..... 时，在元素符号后面应标明含量，可相应表示为 2、3、4..... 等。例如 18Cr2Ni4WA。

钢中的钒 V、钛 Ti、铝 AL、硼 B、稀土 RE 等合金元素，均属微合金元素，虽然含量很低，仍应在钢号中标出。例如 20MnVB 钢中。钒为 0.07~0.12%，硼为 0.001~0.005%。

高级优质钢应在钢号最后加“A”，以区别于一般优质钢。

合金结构钢牌号（根据 GB3077-88）

钢号	Mn						MnV
序号	1	2	3	4	5	6	7
牌号	20Mn2	30Mn2	35Mn2	40Mn2	45Mn2	50Mn2	20MnV
钢号	MnMoW	SiMn			SiMnMoV		
序号	8	9	10	11	12	13	14
牌号	30Mn2MoW	27SiMn	35SiMn	42SiMn	20SiMn2MoV	25SiMn2MoV	37SiMn2MoV
钢号	B			MnB			MnMoB
序号	15	16	17	18	19	20	21
牌号	40B	45B	50B	40MnB	45MnB	20MnB2B	20MnMoB
钢号	MnVB			MnTiB		SiMnVB	Cr
序号	22	23	24	25	26	27	28
牌号	15MnVB	20MnVB	40MnVB	20MnTiB	25MnTiBRE	20SiMnVB	15Cr
钢号	Cr						
序号	29	30	31	32	33	34	35
牌号	15CrA	20Cr	30Cr	35Cr	40Cr	45Cr	50Cr
钢号	CrMo						
序号	36	37	38	39	40	41	42
牌号	12CrMo	15CrMo	20CrMo	30CrMo	30CrMoA	35CrMo	42CrMo
钢号	CrSi	CrMoV					CrMoWV
序号	43	44	45	46	47	48	49
牌号	38CrSi	12CrMoV	35CrMoV	12CrMoV	25Cr2MoVA	25Cr2Mo1VA	20Cr3MoWVA
钢号	CrMoAl	CrV			CrMn		
序号	50	51	52	53	54	55	56
牌号	38CrMoAl	20CrV	40CrV	50CrVA	15CrMn	20CrMn	40CrMn
钢号	CrMnSi					CrMnMo	
序号	57	58	59	60	61	62	63
牌号	20CrMnSi	25CrMnSi	30CrMnSi	30CrMnSiA	35CrMnSiA	20CrMnMo	40CrMnMo
钢号	CrMnTi		CrNi				
序号	64	65	66	67	68	69	70
牌号	20CrMnTi	30CrMnTi	20CrNi	40CrNi	45CrNi	50CrNi	12CrNi2
钢号	CrNi						
序号	71	72	73	74	75	76	
牌号	12CrNi3	20CrNi3	30CrNi3	37CrNi3	12Cr2Ni4	20Cr2Ni4	
钢号	CrNiMo		CrNiMoV	CrNiW			
序号	77	78	79	80	81		
牌号	20CrNiMo	40CrNiMoA	45CrNiMoVA	18Cr2Ni4WA	25Cr2Ni4WA		

专门用途的合金结构钢¹⁰，钢号冠以（或后缀）代表该钢种用途的符号。例如铆螺专用的 30CrMnSi 钢，钢号表示为 ML30CrMnSi。

冷镦钢牌号（根据 GB6478-88）

序号	1	2	3	4	5	6	7
牌号	ML08	ML10	ML15	ML20	ML25	ML30	ML35
序号	8	9	10	11	12	13	14
牌号	ML40	ML45	ML25Mn	ML30Mn	ML35Mn	ML40Mn	ML45Mn
序号	15	16	17	18	19	20	21
牌号	ML15Cr	ML20Cr	ML40Cr	ML15MnB	ML15MnVB	ML20MnTiB	ML30CrMo
序号	22	23					
牌号	ML35CrMo	ML42CrMo					

6) 低合金高强度钢

钢号的表示方法，基本上和合金结构钢相同。

低合金钢是指在钢中加入少量合金元素，由于合金元素的强化作用，低合金结构钢的屈服点比普通碳素钢高 25~150%，加之大多低碳，而具有良好的塑性韧性和焊接性能，有的还具有耐腐蚀、耐低温等特性，因此，低合金钢是一类很有发展前途的钢，在钢的生产中比例越来越大。

低合金钢按质量和用途分为普通质量低合金钢、优质低合金钢、特殊质量低合金钢。

新旧低合金结构钢标准牌号对照（参考件）

	低合金高强度结构钢牌号 (根据 GB/T1591-94)					一般用途低合金结构钢牌号 (根据 GB1591-881)
	质量等级					
	A	B	C	D	E	
牌 号	Q295					09Mn、V09MnNb、09Mn2、12Mn
	Q345					12MnV、14MnNb、16Mn、16MnRE、18Nb
	Q390					15MnV、15MnTi、16MnNb
	Q420					15MnVN、14MnVTiRE
	Q460					
	一般用途低合金结构钢包括：普通质量和优质低合金结构钢、普通质量低合金钢是指生产过程中不规定特别控制质量要求的供一般用途、优质、在生产过程中需要特别控制质量（例降低硫、磷含量、控制晶粒度，改善表面质量等）一般用途低合金结构钢牌号由代表屈服点的汉语拼音字母（Q）、屈服点数值、质量等级符号（A、B、C、D、E）三个部分按照顺序排列。					在旧标准中低合金结构钢的牌号用两位阿拉伯数字和合金元素符号及数字表示，数字表示平均含碳量（以万分之几计）平均合金含量小于 1.5%时，钢号中仅标明元素符号，不标明含量；平均合金含量为 1.5~2.49%、2.5~3.49%时，相应写成 2、3..... 其牌号、化学成分、性能见表 5-18 和表 5-19。

10 也叫做冷镦钢。冷镦钢主要用于制造螺钉、铆钉、销钉的优质碳结钢（部分合金结构钢）。对冷镦钢要求钢中含 S、P、Si 等杂质少，保证顶锻性能及热处理后的机械性能。冷镦钢牌号用“ML”后加碳结钢（或合结钢钢号）。

65、70、75、80 等碳素弹簧钢淬透性较差，多用于直径或厚度小于 12 毫米的弹簧；65Mn 淬透性较好，可用于制造截面尺寸为 15~20 毫米的弹簧，应用广泛。尺寸较大，用热轧成型法制造的弹簧大多采用 55Si2Mn、60Si2Mn，如铁道车厢、汽车、拖拉机上的钢板弹簧和螺旋弹簧等；大截面、重载荷的弹簧通常用 50CrVa、60Si2CrVa、50CrMn、65Si2MnWa 等制造。

对专业用¹¹低合金高强度钢，应在钢号最后标明。例如 16Mn 钢，用于桥梁的专用钢种为“16Mnq”，汽车大梁的专用钢种为“16MnL”，压力容器的专用钢种为“16MnR”。

7) 弹簧钢

弹簧钢是用生 20 产各种板簧和螺旋弹簧或类似零件（如轧辊等）。弹簧是一种能产生大量弹性变形的结构零件，通过弹簧的弹性变形，可以吸收冲击能量、缓和冲击和震动的作用，因此对弹簧钢的要求必须有高的强度，特别是高的屈服强度和疲劳强度；要不易脱碳，有良好的表面质量，具有一定的淬透性和良好的工艺性能。有的弹簧还要求耐热、耐腐蚀等。因此弹簧钢含碳较高，弹簧钢有合金和非合金。

弹簧钢按化学成分可分为碳素弹簧钢和合金弹簧钢两类，其钢号表示方法，前者基本上与优质碳素结构钢相同，后者基本上与合金结构钢相同。

弹簧钢牌号（根据 GB1222-84）

牌 号	65	70	85	65Mn	55Si2Mn	55Si2MnB
	55SiMnVB	60Si2M	60Si2MA	60Si2CrV	60Si2CrVA	55CrMnA
	60CrMnA	60CrMnMoA	50CrVA	60CrMnBA	30W4Cr2VA	

8) 滚动轴承钢

滚动轴承钢也叫轴承钢。主要用来制造滚动轴承内外套圈、滚珠、滚粒、保持架等，但在量具、冷作模具、低合金刀具、柴油机高压油泵件等方面也有广泛应用。轴承钢种类较多有较高高碳铬、渗碳、不锈、高温、无磁轴承钢。

钢号冠以字母“G”，表示滚动轴承钢类。

高碳铬轴承钢钢号的碳含量不标出，铬含量以千分之几表示例如 GCr15。渗碳轴承钢的钢号表示方法，基本上和合金结构钢相同。

轴承钢牌号（根据 GB3203-82）

牌 号	G20CrMo	G20CrNiMo	G20CrNi2Mo
	G20Cr2Ni4	G10CrNi3Mo	G20Cr2Mn2Mo

11 一般用途低合金结构钢由于合金元素作用，具有较高强度和韧性，工艺性能较好，生产成本低，应用广泛，大多直接使用，常用于铁路、桥梁、船舶、汽车、压力容器，常用作焊接结构件和机械构件等。

其它低合金钢包括普通质量、优质、特殊质量低合金钢这些钢也都是为某各专用产品需要生产的专用钢。可焊接低合金高强度结构钢的优质钢有锅炉和压力容器用造船用、汽车用、桥梁用、自行车用低合金钢；还有特殊质量的核能用、压力容器用、舰船用、兵器用、保证厚度方向性能低合金钢。用作一般低合金钢筋钢的 20MnSi、20MnTi、20MnSiV、25MnSi、20MnNb。还有铁道、矿用低合金钢等。

9) 合金工具钢和高速工具钢

合金工具钢¹²钢号的平均碳含量 1.0%时，不标出碳含量；当平均碳含量 < 1.0%时，以千分之几表示。例如 Cr12、CrWMn、9SiCr、3Cr2W8V。

合金工具钢牌号（根据 GB1299-85）

钢组	量具刀具用钢					
钢号	9SiCr	8MnSi	Cr06	Cr2	9Cr2	W
钢组	耐冲击工具用钢					
钢号	4CrW2Si	5CrW2Si	6CrW2Si			
钢组	冷作模具钢					
钢号	Cr12	Cr12Mo1V1	Cr12MoV	Cr5Mo1V	9Mn2V	CrWMn
钢组	冷作模具钢					
钢号	9CrWMn	Cr4W2MoV	6Cr4W3Mo2VNb	6W6Mo5Cr4V		
钢组	热作模具钢					
钢号	5CrMnMo	5CrNiMo	3Cr2W8V	5Cr4Mo3SiMnVAI	3Cr3Mo3W2V	5Cr4Mo5Wo2V
	8Cr3	4CrMnSiMoV	4Cr3Mo3SiV	4Cr5MoSiV	4Cr5MoSiVI	4Cr5W2VSi
钢组	无磁模具钢					
钢号	7Mn15Cr2Al3V2WMo					
钢组	塑料模具钢					
钢号	3Cr2Mo					

高速工具钢¹³的钢号一般不标出碳含量，只标出各种合金元素平均含量的百分之几。例如钨系高速钢的钢号表示为“W18Cr4V”。钢号冠以字母“C”者，表示其碳含量高于未冠“C”的通用钢号。

12 为克服碳素工具钢淬透性低的弱点，提高耐磨性，在保持较高含碳量的前提下，钢中加入 Si、Mn、Cr、W、Mo、V 等，提高合金钢淬透性，广泛用于碳工钢性能有能满足要求的工具。合金钢的牌号由数字的化学元素符号组成，当钢中含碳量小于 1.00%时，牌号前数字表示含碳量的名义千分含量，牌号前原数字者表示含碳量不低于 1.00%元素符号后数字表示合金元素的名义百分数，含量低于 1%不标。合金工具钢按用途分为量具刀具钢、耐冲击工具钢、冷作模具钢、热作模具钢、磁模钢和塑料模具钢。

量具刀具钢是含碳 0.08~1.45%，加入 Cr、Mn、Si、W 等合金元素。Cr、Si、Mn 提高钢的淬透性；同时 Cr、Si 还能提高回火稳定性；Mn 还减小淬火变形；W 提高耐磨，细化组织。这类钢主要用于制造车刀、刨刀、铰刀、拉刀等刀具及量规、样板、千分尺、塞规等量具。耐冲击工具钢有 4Cr₂Si、5CrW₂Si、6CrW₂Si，属中碳钨系钢。通过降低含碳量以冲加韧性，钨提高钢耐磨性，用于制造受冲击载荷大的工具，如冷作模具、顶锻模，风凿等。

模具钢用于制造成型模具，包括冷作模具钢，热作模具钢，热作模具钢，无磁模具钢和塑料模具钢。

13 为满足切削过程中，刀具线速度达 80 米/分，刀刃温度高达 60°C，刀具硬度 HRC>60 要求，在高碳钢中加入大量 W、Mo、Cr、V 等合金元素而获得高速钢，W 和 Mn 可提高钢的热硬性，在回火温度 500°C~600°C 下，W、Mo 析出并生成 Mo₂C 和 W₂C，发生二次硬化（温度在 500°C~600°C 时钢的硬度不仅不下降，反而升高的现象叫二次硬化）。高速工具钢也叫高速钢，其牌号表示方法同合金钢。

高速工具钢中 W18Cr4V 是世界上最早生产，也是最常用高工钢，用来制造各种刀具，如车刀、插齿刀、扩孔钻、钻头。但由于碳化物偏析严重、热塑性低等，限制了进一步使用。CW6MoCr4V2 是以 Mo 代 W 的 Mo 系高速钢，其碳化物分布均匀，热塑性好，价格便宜（我国钼储量和产量高），只是热硬性稍低，仍是高速钢的主要钢性。

高速工具钢牌号 (根据 GB9943-88)

	W18Cr4V	W18Cr4VCo5	W18Cr4VCo8	W12Cr4V5Co5	W6Mo5Cr4V2
钢号	CW6Mo5Cr4V2	W6Mo5Cr4V3	CW6Mo5Cr4V3	W2Mo9Cr4V2	W6Mo5Cr4V2Co5
	W7Mo4Cr4V2Co5	W2Mo9Cr4VCo8	W9Mo3Cr4V	W6Mo5Cr4V2Al	

钢中合金元素含量的表示方法，基本上与合金结构钢相同。但对铬含量较低的合金工具钢钢号，其铬含量以千分之几表示，并在表示含量的数字前加“0”，以便把它和一般元素含量按百分之几表示的方法区别开来。例如 Cr06。

10) 不锈钢和耐热钢

钢号中碳含量以千分之几表示。例如“2Cr13”钢的平均碳含量为 0.2% ;若钢中含碳量 0.03% 或 0.08%者，钢号前分别冠以“00”及“0”表示之，例如 00Cr17Ni14Mo2、0Cr18Ni9 等。

对钢中主要合金元素以百分之几表示，而钛、铌、锆、氮……等则按上述合金结构钢对微合金元素的表示方法标出。

11) 焊条钢

它的钢号前冠以字母“H”，以区别于其他钢类。例如不锈钢焊丝为“H2Cr13”，可以区别于不锈钢“2Cr13”。

12) 电工用硅钢

钢号由字母和数字组成。钢号头部字母 DR 表示电工用热轧硅钢，DW 表示电工用冷轧无取向硅钢，DQ 表示电工用冷轧取向硅钢。

字母之后的数字表示铁损值 (W/kg) 的 100 倍。

钢号尾部加字母“G”者，表示在高频率下检验的；未加“G”者，表示在频率为 50 周波下检验的。

例如：钢号 DW470 表示电工用冷轧无取向硅钢产品在 50 赫频率时的最大单位重量铁损值为 4.7W/kg。

13) 电工用纯铁

它的牌号由字母“DT”和数字组成，“DT”表示电工用纯铁，数字表示不同牌号的顺序号，例如 DT3。

在数字后面所加的字母表示电磁性能：A—高级、E—特级、C—超级，例如 DT8A。

第四节 板材知识

1.钢板（包括带钢）的分类

1) 按厚度分类

- (1) 薄板
- (2) 中板
- (3) 厚板
- (4) 特厚板

2) 按生产方法分类

- (1) 热轧钢板
- (2) 冷轧钢板

3) 按表面特征分类

- (1) 镀锌板（热镀锌板、电镀锌板）
- (2) 镀锡板
- (3) 复合钢板
- (4) 彩色涂层钢板

4) 按用途分类

- (1) 桥梁钢板
- (2) 锅炉钢板
- (3) 造船钢板
- (4) 装甲钢板
- (5) 汽车钢板
- (6) 屋面钢板
- (7) 结构钢板
- (8) 电工钢板（硅钢片）
- (9) 弹簧钢板
- (10) 其他

2.硅钢片牌号表示方法

1) 冷轧无取向硅钢带(片)

表示方法:DW+铁损值(在频率为50HZ,波形为正弦的磁感峰值为1.5T的单位重量铁损值。)的100倍+厚度值的100倍。如DW470-50表示铁损值为4.7w/kg,厚度为0.5mm的冷轧无取向硅钢,现新型号表示为50W470。

2) 冷轧取向硅钢带(片)

表示方法:DQ+铁损值(在频率为50HZ,波形为正弦的磁感峰值为1.7T的单位重量铁损值。)的100倍+厚度值的100倍。有时铁损值后加G表示高磁感。如DQ133-30表示铁损值为1.33,厚度为0.3mm的冷轧取向硅钢带(片),现新型号表示为30Q133。

3) 热轧硅钢板

热轧硅钢板用DR表示,按硅含量的多少分成低硅钢(含硅量 $\leq 2.8\%$)、高硅钢(含硅量 $> 2.8\%$)。表示方法:DR+铁损值(用50HZ反复磁化和按正弦形变化的磁感应强度最大值为1.5T时的单位重量铁损值)的100倍+厚度值的100倍。如DR510-50表示铁损值为5.1,厚度为0.5mm的热轧硅钢板。家用电器用热轧硅钢薄板的牌号用JDR+铁损值+厚度值来表示,如JDR540-50。

3.电镀锡板和热镀锌板

1) 电镀锡板

电镀锡薄钢板和钢带,也称马口铁,这种钢板(带)表面镀了锡,有很好的耐蚀性,且无毒,可用作罐头的包装材料,电缆内外护皮,仪表电讯零件,电筒等小五金。

镀锡钢板和钢带的分类与符号如下:

分类方法	类别	符号
按镀锡量	等厚镀锡 E ₁ 、E ₂ 、E ₃ 、E ₄	
	差厚镀锡 D ₁ 、D ₂ 、D ₃ 、D ₄ 、D ₅ 、D ₆ 、D ₇	
按硬度等级	T50、T52、T57、T61、T65、T70	
按表面状况	光面	G
	石纹面	S
	麻面	M
按钝化方式	低铬钝化	L
	化学钝化	H
	阴极电化学钝化	Y

按涂油量	轻涂油	Q
	重涂油	Z
按表面质量	一组	
	二组	

等厚镀锡量和差厚镀锡量的规定如下：

符号	公称镀锡量, g/m ²	最小平均镀锡量, g/m ²
E ₁	5.6(2.8/2.8)	4.9
E ₂	11.2(5.6/5.6)	10.5
E ₃	16.8(8.4/8.4)	15.7
E ₄	22.4(11.2/11.2)	20.2
D ₁	5.6/2.8	5.05/2.25
D ₂	8.4/2.8	7.85/2.25
D ₃	8.4/5.6	7.85/5.05
D ₄	11.2/2.8	10.1/2.25
D ₅	11.2/5.6	10.1/5.05
D ₆	11.2/8.4	10.1/7.85
D ₇	15.1/5.6	13.4/5.05

2) 热镀锌板

在薄钢板和钢带表面用连续热镀方法镀上锌，可以防止薄钢板和钢带表面腐蚀生锈。镀锌钢板和钢带广泛用于机械、轻工、建筑、交通、化工、邮电等行业。

镀锌钢板和钢带的分类与符号见下表：

分类方法	类别	符号	
按加工性能	普通用途	PT	
	机械咬合	JY	
	深冲	SC	
	超深冲耐时效	CS	
	结构	JG	
按锌层重量	锌	001	001
		100	100
		200	200
		275	275
		350	350
		450	450
		600	600
	锌铁合金	001	001

		90	90
		120	120
		180	180
按表面结构	正常锌花		Z
	小 锌 花		X
	光整锌花		GZ
	锌铁合金		XT
按表面质量	组		
	组		
按尺寸精度	高级精度		A
	普通精度		B
按表面处理	铬酸钝化		L
	涂 油		Y
	铬酸钝化加涂油		LY

注：001 号的锌层重量小于 100g/m^2

4. 沸腾钢板与镇静钢板

1. 沸腾钢板是由普通碳素结构钢沸腾钢热轧成的钢板。沸腾钢是一种脱氧不完全的钢，只用一定量的弱脱氧剂对钢液脱氧，钢液含氧量较高，当钢水注入钢锭模后，碳氧反应产生大量气体，造成钢液沸腾，沸腾钢由此而得名。沸腾钢含碳量低，由于不用硅铁脱氧，钢中含硅量也低 ($\text{Si} < 0.07\%$)。沸腾钢的外层是在沸腾所造成的钢液剧烈搅动的条件下结晶成的，故表层纯净、致密，表面质量好，有很好的塑性和冲压性能，没有大的集中缩孔，切头少，成材率高，而且沸腾钢生产工艺简单，铁合金消耗少，钢材成本低。沸腾钢板大量用于制造各种冲压件，建筑及工程结构及一些不太重要的机器结构零部件。但沸腾钢心部杂质较多，偏析较严重，组织不致密，力学性能不均匀。同时由于钢中气体含量较多，故韧性低，冷脆和时效敏感性较大，焊接性能也较差。故沸腾钢板不适于制造承受冲击载荷、在低温条件下工作的焊接结构及其他重要结构。

2. 镇静钢板是由普通碳素结构钢镇静钢热轧制成的钢板。镇静钢是脱氧完全的钢，钢液在浇注前用锰铁、硅铁和铝等进行充分脱氧，钢液含氧量低（一般为 $0.002\sim 0.003\%$ ），钢液在钢锭模中较平静，不产生沸腾现象，镇静钢由此得名。在正常操作条件下，镇静钢中没有气泡，组织均匀致密；由于含氧量低，钢中氧化物夹杂较少，纯净度较高，冷脆和时效倾向小；同时，镇静钢偏析较小，性能比较均匀，质量较高。镇静钢的缺点是有集中缩孔，成材率低，价格较高。因此，镇静钢材主要用于低温下承受冲击的构件、焊接结构及其他要求强度较高的构件。低合金钢板都是镇静钢和半镇静钢钢板。由于强度较高，性能优越，能节约大量钢材，减轻结构重量，其应用已越来越广泛。

5. 优质碳素结构钢板

优质碳素结构钢是含碳小于 0.8% 的碳素钢，这种钢中所含的硫、磷及非金属夹杂物比碳素结构钢少，机械性能较为优良。优质碳素结构钢按含碳量不同可分为三类：低碳钢（C 0.25%）、中碳钢（C 为 0.25~0.6%）和高碳钢（C > 0.6%）。优质碳素结构钢按含锰量不同分为正常含锰量（含锰 0.25%~0.8%）和较高含锰量（含锰 0.70%~1.20%）两组，后者具有较好的力学性能和加工性能。

1) 优质碳素结构钢热轧薄钢板和钢带

优质碳素结构钢热轧薄钢板和钢带用于汽车、航空工业及其他部门。其钢的牌号为沸腾钢：08F、10F、15F；镇静钢：08、08AL、10、15、20、25、30、35、40、45、50。25 及 25 以下为低碳钢板，30 及 30 以上为中碳钢板。

2) 优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带

优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带用于各种机械结构件。其钢的牌号为低碳钢包括：05F、08F、08、10F、10、15F、15、20F、20、25、20Mn、25Mn 等；中碳钢包括：30、35、40、45、50、55、60、30Mn、40Mn、50Mn、60Mn 等；高碳钢包括：65、70、65Mn 等。

6. 专用结构钢板

1) 压力容器用钢板

用大写 R 在牌号尾表示，其牌号可用屈服点也可用含碳量或含合金元素表示。如：Q345R，Q345 为屈服点。再如：20R、16MnR、15MnVR、15MnVNR、8MnMoNbR、MnNiMoNbR、15CrMoR 等均用含碳量或含合金元素来表示。

2) 焊接气瓶用钢板

用大写 HP 在牌号尾表示，其牌号可以用屈服点表示，如：Q295HP、Q345HP；也可用含合金元素来表示如：16MnREHP。

3) 锅炉用钢板

用小写 g 在牌号尾表示。其牌号可用屈服点表示，如：Q390g；也可用含碳量或含合金元素来表示，如 20g、22Mng、15CrMog、16Mng、19Mng、13MnNiCrMoNbg、12Cr1MoVg 等。

4) 桥梁用钢板

用小写 q 在牌号尾表示，如 Q420q、16Mnq、14MnNbq 等。

5) 汽车大梁用钢板

用大写 L 在牌号尾表示，如 09MnREL、06TiL、08TiL、10TiL、09SiVL、16MnL、16MnREL 等。

7.彩色涂层钢板

彩色涂层钢板和钢带是以金属带材为基底，在其表面涂以各类有机涂料的产品，用于建筑、家用电器、钢制家具、交通工具等领域。

8.船体用结构钢

造船用钢一般是指船体结构用钢，它指按船级社建造规范要求生产的用于制造船体结构的钢材。常作为专用钢订货、排产、销售，一般包括船板、型钢等。目前中国几大钢铁企业均有生产，而且可按用户需要生产不同国家规范的船用钢材，如美国、挪威、日本、德国、法国等，其规范

如下：

国籍	规范	国籍	规范
中国	CCS	美国	ABS
德国	GL	法国	BV
英国	LR	日本	KDK
挪威	DNV		

船体用结构钢按照其最小屈服点划分强度级别为：一般强度结构钢和高强度结构钢。中国船级社规范标准的一般强度结构钢分为：A、B、D、E 四个质量等级；中国船级社规范标准的高强度结构钢为三个强度级别、四个质量等级。

9.宝钢 1550 冷轧产品牌号命名方法

1) 冲压用冷连轧钢带牌号命名方法

(1) 一般冲压用钢

BLCB 宝钢(BAOSTEEL)缩写 ;L 低碳(Low Carbon) ;C 一般用(Commercial)

(2) 抗时效性低屈服钢

BLDB 宝钢(BAOSTEEL)缩写 ;L 低碳(Low Carbon) ;D 冲压用(Drawing)

(3) 非时效性极深冲用钢

BUFD(BUSD)B 宝钢(BAOSTEEL)缩写 ;U 超级(Ultra) ;F 成型(Formability) ;
D 冲压 (Drawing)

(4) 非时效性超深冲用钢

BSUFDB 宝钢 (BAOSTEEL) 缩写 ; SU 超高级 (Ultra+Super) ; F 成型
(Formability) ; D 冲压 (Drawing)

2) 冷成型用高强度冷连轧钢带牌号命名方法

Bxxx x x

B 宝钢(BAOSTEEL)缩写 ;xxx 最小屈服点值 ;x 一般用 V、X、Y、Z 表示 ;x
氧化物/硫化物夹杂控制 (K : 镇静、细晶粒 ; F : K+硫化物控制 ; O : K、F 外)

- V : 高强度低合金 , 屈服点与抗拉强度差值无规定
- X : V 中屈服点最小值与抗拉强度最小值差别 70MPa
- Y : V 中屈服点最小值与抗拉强度最小值差别 100MPa
- Z : V 中屈服点最小值与抗拉强度最小值差别 140MPa

例 : B240ZK、B340VK

3) 抗凹陷性冷连轧钢带牌号命名方法

Bxxx x x

B 宝钢 (BAOSTEEL) 缩写

xxx 最小屈服点值

x 强化方式 (P : 强化 ; H : 烘烤硬化)

x 由 1 或 2 表示 (1 : 超低碳 ; 2 : 低碳)

例 : B210P1 : 深冲压用高强度钢 ; B250P2 : 一般加工用含磷高强度钢 ; B180H1 : 深冲用烘烤硬化钢。

第五节 型材知识

1. 型材的分类

1) 简单断面型钢

方钢?? 热轧方钢、冷拉方钢 ;

圆钢?? 热轧圆钢、锻制圆钢、冷拉圆钢

线材;

扁钢;

弹簧扁钢;

角钢?? 等边角钢、不等边角钢;

三角钢

六角钢;

弓形钢;

椭圆钢

2) 复杂断面型钢

工字钢?? 普通工字钢、轻型工字钢

槽钢?? 热轧槽钢 (普通槽钢、轻型槽钢)、弯曲槽钢

H型钢 (又称宽腿工字钢)

钢轨?? 重轨、轻轨、起重机钢轨、其他专用钢轨

窗框钢

钢板桩

弯曲型钢?? 冷弯型钢、热弯型钢

其他

2.型钢中大、中、小型的划分

	大型	中型	小型
工字钢	高 180mm	高 < 180mm	
槽钢	高 180mm	高 < 180mm	
等边角钢	边宽 160mm	边宽 50~140mm	边宽 20~45mm
不等边角钢	边宽 160×100mm	边宽 140×90~50×32mm	边宽 45×28mm
圆钢	直径 90mm	直径 38~80mm	直径 10~36mm
方钢	边宽 90mm	边宽 50~75mm	边宽 10~25mm
扁钢	宽 120mm	宽 60~100mm	宽 12~55mm
螺纹钢		直径 40mm	直径 10~36mm
铆钉钢			直径 10~22mm
其它	异型钢:履带板、钢板桩等	异型钢、小农具用复合扁钢等	异型钢、农具钢、窗框钢等

3.热轧带肋钢筋

1) 品种规格

热轧带肋钢筋的牌号由 HRB 和牌号的屈服点最小值构成。H、R、B 分别为热轧 (Hotrolled)、带肋 (Ribbed)、钢筋 (Bars) 三个词的英文首位字母。热轧带肋钢筋分为 HRB335 (老牌号为 20MnSi)、HRB400 (老牌号为 20MnSiV、20MnSiNb、20MnTi)、HRB500 三个牌号。

2) 含钒 级螺纹钢

含钒 级螺纹钢市场前景广阔

含钒新 级螺纹钢 (20MnSiV、400Mpa) 在生产过程中加入了钒、铌、钛等合金,与普通级螺纹钢相比,具有强度高、韧性好、焊接性能和抗震性能良好的优点。在欧洲等发达国家建筑市场, 级螺纹钢占整个螺纹钢总量的 80%, 如英国、德国、澳大利亚、日本等国家使用高强度含钒 级螺纹钢已达 80~90%。在中国 1995 年原冶金部和建设部联合发文推广应用,建设部将新 级螺纹钢技术条件纳入国家标准 GBJ10-89《混凝土结构设计规范》,自 97 年 1 月 1 日起施行,现新 级螺纹钢已在高层建筑、大型电站、桥梁、隧道、机场等工程项目中得到了成功的应用,市场前景广阔。建设部要求 2002 年新 级钢筋用量要达到螺纹钢总量的 50%，“十五”末期达到 80%。但由于宣传、推广力度不够,使用量还大大低于老 级 335Mpa 普通级螺纹钢,因此还需要对新 级螺纹钢大力进行宣传和推广。

含钒 级螺纹钢的优点

A、经济：由于强度高,使用新 级螺纹钢可比 级螺纹钢节省钢材 10~15%,因此可降低建筑工程的建设成本。

B、强度高、韧性好：采用微合金化处理,屈服点在 400Mpa 以上,抗拉强度 570Mpa 以上,分别比 级螺纹钢提高 20%。

C、抗震：含钒钢筋具有较高的抗弯度、时效性能,较高的低周疲劳性能,其抗震性能明显优于 级螺纹钢。

D、易焊接：由于碳含量 0.54%,焊接性能好,适应各种焊接方法,工艺简单方便。

E、施工方便：采用新 级螺纹钢增大了施工间隙,为施工方便及施工质量提供了保证。

4. 热轧 H 型钢

1) 热轧 H 型钢的表示方法

H 型钢分为宽翼缘 H 型钢 (HK)、窄翼缘 H 型钢 (HZ) 和 H 型钢桩 (HU) 三类。其表示方法为：高度 H×宽度 B×腹板厚度 t1×翼板厚度 t2，如 H 型钢 Q235、SS400 200×200×8×12 表示为高 200mm 宽 200mm 腹板厚度 8mm 翼板厚度 12mm 的宽翼缘 H 型钢，其牌号为 Q235 或 SS400。

2) 热轧 H 型钢的优点

H 型钢是一种新型经济建筑用钢。H 型钢截面形状经济合理，力学性能好，轧制时截面上各点延伸较均匀、内应力小，与普通工字钢比较，具有截面模数大、重量轻、节省金属的优点，可使建筑结构减轻 30~40%；又因其腿内外侧平行，腿端是直角，拼装组合成构件，可节约焊接、铆接工作量达 25%。常用于要求承载能力大，截面稳定性好的大型建筑（如厂房、高层建筑等），以及桥梁、船舶、起重运输机械、设备基础、支架、基础桩等。

5. 冷弯型钢

冷弯型钢是一种经济的截面轻型薄壁钢材，也称为钢制冷弯型材或冷弯型材。它是以热轧或冷轧带钢为坯料经弯曲成型制成的各种截面形状尺寸的型钢。冷弯型钢具有以下特点：

1. 截面经济合理，节省材料。冷弯型钢的截面形状可以根据需要设计，结构合理，单位重量的截面系数高于热轧型钢。在同样负荷下，可减轻构件重量，节约材料。冷弯型钢用于建筑结构可比热轧型钢节约金属 38~50%，用于农业机械和车辆可节约金属 15~60%。方便施工，降低综合费用。

2. 品种繁多，可以生产用一般热轧方法难以生产的壁厚均匀、截面形状复杂的各种型材和各种不同材质的冷弯型钢。

3. 产品表面光洁，外观好，尺寸精确，而且长度也可以根据需要灵活调整，全部按定尺或倍尺供应，提高材料的利用率。

4. 生产中还可与冲孔等工序相配合，以满足不同的需要。

冷弯型钢品种繁多，从截面形状分，有开口的、半闭口和闭口的，主要产品有冷弯槽钢、角钢、Z 型钢、冷弯波形钢板、方管、矩形管，电焊异型钢管、卷帘门等。通常生产的冷弯型钢，厚度在 6mm 以下，宽度在 500mm 以下。产品广泛用于矿山、建筑、农业机械、交通运输、桥梁、石油化工、轻工、电子等工业。

第六节 管材知识

1. 管材的分类

1) 按生产方法分类

- (1) 无缝管?? 热轧管、冷轧管、冷拔管、挤压管、顶管
- (2) 焊管
 - (a) 按工艺分?? 电弧焊管、电阻焊管(高频、低频)、气焊管、炉焊管
 - (b) 按焊缝分?? 直缝焊管、螺旋焊管

2) 按断面形状分类

- (1) 简单断面钢管?? 圆形钢管、方形钢管、椭圆形钢管、三角形钢管、六角形钢管、菱形钢管、八角形钢管、半圆形钢圆、其他
- (2) 复杂断面钢管?? 不等边六角形钢管、五瓣梅花形钢管、双凸形钢管、双凹形钢管、瓜子形钢管、圆锥形钢管、波纹形钢管、表壳钢管、其他
- (3) 按壁厚分类?? 薄壁钢管、厚壁钢管
- (4) 按用途分类?? 管道用钢管、热工设备用钢管、机械工业用钢管、石油、地质钻探用钢管、容器钢管、化学工业用钢管、特殊用途钢管、其他

2. 无缝钢管

无缝钢管是一种具有中空截面、周边没有接缝的长条钢材。钢管具有中空截面，大量用作输送流体的管道，如输送石油、天然气、煤气、水及某些固体物料的管道等。钢管与圆钢等实心钢材相比，在抗弯抗扭强度相同时，重量较轻，是一种经济截面钢材，广泛用于制造结构件和机械零件，如石油钻杆、汽车传动轴、自行车架以及建筑施工中用的钢脚手架等。用钢管制造环形零件，可提高材料利用率，简化制造工序，节约材料和加工工时，如滚动轴承套圈、千斤顶套等，目前已广泛用钢管来制造。钢管还是各种常规武器不可缺少的材料，枪管、炮筒等都要钢管来制造。钢管按横截面形状的不同可分为圆管和异型管。由于在周长相等的条件下，圆面积最大，用圆形管可以输送更多的流体。此外，圆环截面在承受内部或外部径向压力时，受力较均匀，因此，绝大多数钢管是圆管。但是，圆管也有一定的局限性，如在受平面弯曲的条件下，圆管就不如方、矩形管抗弯强度大，一些农机具骨架、钢木家具等就常用方、矩形管。根据不同用途还需有其他截面形状的异型钢管。

3.焊接钢管

焊接钢管也称焊管，是用钢板或钢带经过卷曲成型后焊接制成的钢管。焊接钢管生产工艺简单，生产效率高，品种规格多，设备资少，但一般强度低于无缝钢管。20 世纪 30 年代以来，随着优质带钢连轧生产的迅速发展以及焊接和检验技术的进步，焊缝质量不断提高，焊接钢管的品种规格日益增多，并在越来越多的领域代替了无缝钢管。焊接钢管按焊缝的形式分为直缝焊管和螺旋焊管。直缝焊管生产工艺简单，生产效率高，成本低，发展较快。螺旋焊管的强度一般比直缝焊管高，能用较窄的坯料生产管径较大的焊管，还可以用同样宽度的坯料生产管径不同的焊管。但是与相同长度的直缝管相比，焊缝长度增加 30~100%，而且生产速度较低。因此，较小口径的焊管大都采用直缝焊，大口径焊管则大多采用螺旋焊。

第七节 不锈钢知识

在空气中或化学腐蚀介质中能够抵抗腐蚀的一种高合金钢，不锈钢是具有美观的表面和耐腐蚀性能好，不必经过镀色等表面处理，而发挥不锈钢所固有的表面性能，使用于多方面的钢铁的一种，通常称为不锈钢。代表性能的有 13 铬钢，18-铬镍钢等高合金钢。

从金相学角度分析，因为不锈钢含有铬而使表面形成很薄的铬膜，这个膜隔离开与钢内侵入的氧气起耐腐蚀的作用。

为了保持不锈钢所固有的耐腐蚀性，钢必须含有 12%以上的铬。

1.不锈钢热轧钢

1) 奥氏体型钢

不锈钢热轧钢板是用热轧工艺生产的不锈钢钢板。厚度不大于 3mm 的为薄板，厚度大于 3mm 的为厚板。用于化工、石油、机械、船舶等行业制造耐蚀零件、容器和设备。其分类和牌号如下：

牌号	1Cr17Mn6Ni15N	1Cr18Mn8Ni5N	1Cr18Ni9	1Cr18Ni9Si3	0Cr18Ni9
	00Cr19Ni10	0Cr19Ni9N	0Cr19Ni10NbN	00Cr18Ni10N	1Cr18Ni12
	0Cr23Ni13	0Cr25Ni20	0Cr17Ni12Mo2	00Cr17Ni14Mo2	0Cr17Ni12Mo2N
	00Cr17Ni13Mo2N	1Cr18Ni12Mo2Ti	0Cr18Ni12Mo2Ti	1Cr18Ni12Mo3Ti	0Cr18Ni12Mo3Ti
	0Cr18Ni12Mo2Cu2	00Cr18Ni14Mo2Cu2	0Cr19Ni13Mo3	00Cr19Ni13Mo3	0Cr18Ni16Mo5
	1Cr18Ni9Ti	0Cr18Ni10Ti	0Cr18Ni11Nb	0Cr18Ni13Si4	

2) 奥氏体?? 铁素体型钢

牌号	0Cr26Ni5Mo2	00Cr18Ni5Mo3Si2
----	-------------	-----------------

3) 铁素体型钢

牌号	0Cr13Al	00Cr12	1Cr15	1Cr17	1Cr17Mo
	00Cr17Mo	00Cr18Mo2	00Cr30Mo2	00Cr27Mo	

4) 马氏体型钢

牌号	1Cr12	0Cr13	1Cr13	2Cr13
	3Cr13	4Cr13	3Cr16	7Cr17

5) 沉淀硬化型钢

牌号	0Cr17Ni7Al
----	------------

2. 不锈钢冷轧钢板

1) 奥氏体型钢

不锈钢冷轧钢板是用冷轧工艺生产的不锈钢钢板，厚度不大于3mm的为薄板，厚度大于3mm的为厚板。用于制作耐腐蚀部件，石油、化工的管道、容器、医疗器械、船舶设备等，其分类和牌号如下：

除与热轧部分相同外（29种），还有：

牌号	2Cr13Mn9Ni4	1Cr17Ni7	1Cr17Ni8
----	-------------	----------	----------

2) 奥氏体?? 铁素体型钢

除与热轧部分相同外（2种），还有：

牌号	1Cr18Ni11Si4AlTi	1Cr21Ni5Ti
----	------------------	------------

3) 铁素体型钢

除与热轧部分相同外（9种），还有：

牌号	00Cr17
----	--------

4) 马氏体型钢

除与热轧部分相同外（8种），还有：

牌号	1Cr17Ni2
----	----------

5) 沉淀硬化型钢：同热轧部分

3.各种不锈钢的特性和用途

	钢号	用途
奥氏体钢	17Cr-7Ni-低碳 (301)	列车、航空器、传送带、车辆、螺栓、螺母、弹簧、筛网
	17Cr-7Ni-0.1N-低碳 (301L)	铁道车辆构架及外部装饰材料
	18Cr-8Ni (304)	家庭用品 (1、2类餐具、橱柜、室内管线、热水器、锅炉、浴缸), 汽车配件 (风挡雨刷、消声器、模制品), 医疗器具, 建材, 化学, 食品工业, 农业, 船舶部件
	18Cr-8Ni-低碳 (304L)	应用于抗晶界腐蚀性要求高的化学、煤炭、石油产业的野外露天机器, 建材耐热零件及热处理有困难的零件
	13Cr-7.7Ni-2Cu (304Cu)	保温瓶、厨房洗涤槽、锅、壶、保温饭盒、门把手、纺织加工机器。
	18Cr-8Ni-N (304N1)	构件、路灯、贮水罐、水管
	18Cr-8Ni-N (304N2)	构件、路灯、贮水罐
	18Cr-12Ni-2.5Mo (316)	海水里用设备、化学、染料、造纸、草酸、肥料等生产设备; 照像、食品工业、沿海地区设施、绳索、CD杆、螺栓、螺母
	18Cr-12Ni-2.5Mo 低碳 (316L)	316钢的用途中, 对抗晶界腐蚀性有特别要求的产品。
	18Cr-9Ni-Ti (321)	航空器、排气管、锅炉汽包
铁素体钢	11.3Cr-0.17Ti-低 C、N (409L)	汽车排气管、热交换机、集装箱等在焊接后不热处理的产品。
	13Cr-低 C (410L)	机械构造用件, 发动机排气管, 锅炉燃烧室, 燃烧器。
	16Cr (430)	耐热器具、燃烧器、家电产品、2类餐具、厨房洗涤槽、外部装饰材料、螺栓、螺母、CD杆、筛网
	18-Cr0.5Cu-Nb-低 C.N (430J1L)	建筑外部装饰材料, 汽车零件, 冷热水供给设备。
	18Cr-1Mo-Ti、Nb、Zr 低 C、N (436L)	洗衣机、汽车排气管、电子产品、3层底的锅。
马氏体钢	13Cr-低碳 (410)	刀刃、机械零件、石油精练装置、螺栓、螺母、泵杆、1类餐具 (刀叉)。
	13Cr-0.2C (420J1)	餐具 (刀)、涡轮机叶片。
	13Cr-0.3C (420J2)	刀刃、管嘴、阀门、板尺、餐具 (剪刀、刀)。

4.世界各国不锈钢标准钢号对照表

中国	日本	美国	英国	德国	法国	前苏联
GB1220-92[84] GB3220-92[84]	JIS	AISI UNS	BS 970 Part4 BS 1449 Part2	DIN 17440 DIN 17224	NFA35-572 NFA35-576~582 NFA35-584	TOCT5632
1Cr17Mn6Ni5N	SUS201	201	--	--	--	--
1Cr18Mn8Ni5N	SUS202	202	--	--	--	12 × 17.T9AH4
--	--	S20200	284S16	--	--	--
2Cr13Mn9Ni4	--	--	--	--	--	--
1Cr17Ni7	SUS301	301	--	--	--	--
--	--	S30100	301S21	X12CrNi177	Z12CN17.07	--

1Cr17Ni8	SUS301J1	--	--	X12CrNi177	--	--
1Cr18Ni9	SUS302	302	302S25	X12CrNi188	Z10CN18.09	12 × 18H9
1Cr18Ni9Si3	SUS302B	302B	--	--	--	--
Y1Cr18Ni9	SUS303	303	303S21	X12CrNiS188	Z10CNF18.09	--
Y1Cr18Ni9Se	SUS303Se	303Se	303S41	--	--	--
0Cr18Ni9	SUS304	304	304S15	X2CrNi89	Z6CN18.09	08 × 18B10
00Cr19Ni10	SUS304L	304L	304S12	X2CrNi189	Z2CN18.09	03 × 18H11
0Cr19Ni9N	SUS304N1	304N	--	--	Z5CN18.09A2	--
00Cr19Ni10NbN	SUS304N	XM21	--	--	--	--
00Cr18Ni10N	SUS304LN	--	--	X2CrNiN1810	Z2CN18.10N	
1Cr18Ni12	SUS305	S30500	305S19	X5CrNi1911	Z8CN18.12	12 × 18H12T
[0Cr20Ni10]	SUS308	308	--	--	--	--
0Cr23Ni13	SUS309S	309S	--	--	--	--
0Cr25Ni20	SUS310S	310S	--	--	--	--
0Cr17Ni12Mo2N	SUS315N	316N,S31651	--	--	--	--
0Cr17Ni12Mo2	SUS316	316	316S16	X5CrNiMo1812	Z6CND17.12	08 × 17H12M2T
00Cr17Ni14Mo2	SUS316L	316L	316S12	X2CrNiMo1812	Z2CND17.12	03 × 17H12M2
0Cr17Ni12Mo2N	SUS316N	316N	--	--	--	--
00Cr17Ni13Mo2N	SUS316LN	--	--	X2CrNiMoN1812	Z2CND17.12N	--
0Cr18Ni12Mo2Ti	--	--	320S17	X10CrNiMo1810	Z6CND17.12	--
0Cr18Ni14Mo2Cu2	SUS316J1	--	--	--	--	--
00Cr18Ni14Mo2Cu2	SUS316J1L	--	--	--	--	--
0Cr18Ni12Mo3Ti	--	--	--	--	--	--
1Cr18Ni12Mo3Ti	--	--	--	--	--	--
0Cr19Ni13Mo3	SUS317	317	317S16	--	--	08X17H15M3T
00Cr19Ni13Mo3	SUS317L	317L	317S12	X2CrNiMo1816	--	03X16H15M3
0Cr18Ni16Mo5	SUS317J1	--	--	--	--	--
0Cr18Ni11Ti	SUS321	321	--	X10CrNiTi189	Z6CNT18.10	08X18H10T
1Cr18Ni9Ti	--	--	--	--	--	12X18H20T
0Cr18Ni11Nb	SUS347	347	347S17	X10CrNiNb189	Z6CNNb18.10	08X18H12B
0Cr18Ni13Si4	SUSXM15J1	XM15	--	--	--	--
0Cr18Ni9Cu3	SUSXM7	XM7	--	--	Z6CNU18.10	--
1Cr18Mn10NiMo3N	--	--	--	--	--	--
1Cr18Ni12Mo2Ti	--	--	320S17	X10CrNiMoTi1810	Z8CND17.12	--
00Cr18Ni5Mo3Si2	--	S31500	--	3RE60(瑞典)	--	--
0Cr26Ni5Mo2	SUS329J1	--	--	--	--	--
1Cr18Ni11Si4AlTi	--	--	--	--	--	--
1Cr21Ni5Ti	--	--	--	--	--	--

0Cr13	SUS410S	S41000	--	X7Cr13	Z6C13	08X13
1Cr13	SUS410	410	410S21	X10Cr13	Z12Cr13	12X13
2Cr13	SUS420J1	420	420S29	X20Cr13	Z20Cr13	30X13
--	--	S4200	420S27	--	--	--
3Cr13	SUS420J2	--	420S45	--	--	14X17H2
3Cr13Mo	--	--	--	--	--	--
3Cr16	SUS429J1	--	--	--	--	--
1Cr17Ni2	SUS431	431	431S29	X22CrNi17	Z15CN-02	--
7Cr17	SUS440A	440A	--	--	--	--
11Cr17	SUS440C	440C	--	--	--	95X18
8Cr17	SUS440B	44013	--	--	--	--
1Cr12	--	--	--	--	--	--
4Cr13	SUS420J2	--	--	X4DCr13	Z40C13	--
9Cr18	SUS440C	440C	--	X105CrMo17	Z100CD17	--
9Cr18Mo	SUS440C	440C	--	--	--	--
9Cr18MoV	SUS440B	440B	--	X90CrMoV18	Z6CN17.12	--
0Cr17Ni4Cu4Nb	SUS630	630	--	--	--	--
0Cr17Ni7Al	SUS631	631	--	--	--	09X17H710
--	--	S17700	--	X7CrNiAl177	Z8CNA17.7	--
0Cr15Ni7Mo2Al	--	632	--	--	--	--
--	--	S15700	--	--	Z8CND15.7	--
00Cr12	SUS410	--	--	--	--	--
0Cr13Al[00Cr13Al]	SUS405	405	--	--	--	--
--	--	S40500	405S17	X7CrAl13	Z6CA13	--
1Cr15	SUS429	429	--	--	--	--
1Cr17	SUS430	430	--	--	--	12X17
--	--	S43000	430S15	X8Cr17	Z8C17	--
[Y1Cr17]	SUS430F	430F	--	--	--	--
--	--	S43020	--	X12CrMoS17	Z10CF17	--
00Cr17	SUS430LX	--	--	--	--	--
1Cr17Mo	SUS434	434	--	--	--	--
--	--	S43400	434S19	X6CrMo17	Z8CD17.01	--
00Cr17Mo	SUS436L	--	--	--	--	--
00Cr18Mo2	SUS444	--	--	--	--	--
00Cr27Mo	SUSXM27	XM27	--	--	--	--
--	--	S44625	--	--	Z01CD26.1	--
00Cr30Mo2	SUS447J1	--	--	--	--	--
1Cr12	SUS403	403,S40300	403S17	--	--	--
1Cr13Mo	SUS410J1	--	--	--	--	--

第二讲 有色金属材料（非黑色金属）

有色金属又称非铁金属，指除黑色金属外的金属和合金，其中除少数有颜色外（铜为紫红色、金为黄色），大多数为银白色，有色金属有 60 多种，又可分为九大类：

- (1)重金属：铜、铅、锌等；
- (2)轻金属：铝、镁等；
- (3)轻稀有金属：锂、铍等；
- (4)难熔稀有金属：钨、钛、钒等；
- (5)稀散金属：镓、锗等；
- (6)稀土金属：钪、钇及镧系元素等；
- (7)放射性金属：镭、钋等；
- (8)贵金属：金、银、铂等；
- (9)碱金属：钾、钠等。

第一节 有色金属概述

1.有色金属分类

（1）有色纯金属

分为重金属、轻金属、贵金属、半金属和稀有金属五类。

（2）有色合金

按合金系统分：重有色金属合金、轻有色金属合金、贵金属合金、稀有金属合金等；

按合金用途则分：变形（压力加工用合金）、铸造合金、轴承合金、印刷合金、硬质合金、焊料、中间合金、金属粉末等。

（3）有色材

按化学成份分类：铜和铜合金材、铝和铝合金材、铅和铅合金材、镍和镍合金材、钛和钛合金材。按形状分类时，可分为：板、条、带、箔、管、棒、线、型等品种。

2.有色金属产品牌号表示方法

(1) 命名原则

有色金属及合金产品牌号的命名，规定以汉语拼音字母或国际元素符号作为主题词代号，表示其所属大类，如用 L 或 AL 表示铝，T 或 Cu 表示铜。主题词以后，用成份数字顺序结合产品类别来表示。即主题词之后的代号可以表示产品的状态、特征或主要成份。

如：

LF 为防 (F) 锈的铝 (L) 合金；

LD 为锻 (D) 造用的铝 (L) 合金；

LY 为硬 (Y) 的铝 (L) 合金，这三种合金的主题词是铝合金 (L)。

又如：

QSn 为青 (Q) 铜中主要的添加元素为锡 (Sn) 的一类；

QAL9-4 为青 (Q) 铜中含有铝 (AL)，成分中添加元素铝为 9%，其他添加元素为 4%，这两种合金的主题词是青铜 (Q)。

因此，产品代号是由标准 (GB340-78) 规定的主题词汉语拼音字母、化学元素符号及阿拉伯数字相结合的方法来表示。

常用有色金属和合金元素的名称及代号

名称	代号		名称	代号	
	化学元素符号	汉语拼音字母代号		化学元素符号	汉语拼音字母代号
铜	Cu	T	锌	Zn	
铝	AL	L	铅	Pb	
镁	Mg	M	锡	Sn	
镍	Ni	N	锑	Sb	
钛	Ti	T	金	Au	
黄铜	—	H	银	Ag	
青铜	—	Q	镉	Cd	
白铜	—	B	铍	Be	

专用有色金属合金名称及其代号

名称	采用代号	名称	采用代号
防锈铝	LF	镁合金 (变形加工用)	MB
锻铝	LD	焊料合金	HI

硬铝	LY	阳极镍	NY
超硬铝	LC	电池锌板	XD
特殊铝	LT	印刷合金	I
硬钎焊铝	LQ	印刷锌板	XI
无氧铜	TU	稀土	Xt
金属粉末	F	钨钴硬质合金	YG
喷铝粉	FLR	钨钛钴硬质合金	YT
涂料铝粉	FLU	铸造碳化钨	YZ
细铝	FLX	碳化钛--(铁)镍钼硬质合金	YN
特细铝粉	FLT	多用途(万能)硬质合金	YW
炼钢、化工用铝粉	FLG	钢结硬质合金	YE
镁粉	FM	轴承合金	Ch
铝镁粉	FLM	铸造合金	Z

有色金属及合金产品的状态、加工方法、特征代号，采用规定的汉语拼音字母表示。如热加工的 R(热)，淬火的 C(淬)，不包铝的 B(不)，细颗粒的 X(细)等。但也有少数例外，如优质表面 O(形象化表示完美无缺)等

有色金属及合金产品的状态、特性代号

名称	采用代号	名称	采用代号	
热加工(如热轧、热挤)	R	优质表面	O	
退火(焖火)	M	涂漆表面	Q	
淬火	C	加厚包铝的	J	
淬火后冷轧(冷作硬化)	CY	不包铝的	B	
淬火(自然时效)	CZ	硬质合金	表面涂层	U
淬火(人工时效)	CS		添加碳化钽	A
硬	Y		添加碳化铌	N
3/4 硬、1/2 硬	Y1、Y2		细颗粒	X
1/3 硬	Y3		粗颗粒	C
1/4 硬	Y4		超细颗粒	H
特硬	T			

(2) 牌号表示方法举例有色金属和合金产品的牌号表示方法举例

名称		代号	牌号	说明
纯金属冶炼产品	铜	Cu-1	1#铜	均用化学元素符号结合顺序号或表示主要成分的数字表示,元素符号与顺序号中间划一横线,金属纯度随顺序号增加而降低。
	铝	Al99.5	1#铝	
	镍	Ni-01	特号镍	
纯金属加工产品	铜	T1、T2	1#、2#铜	(1) 铜(T)、铝(L)、镍(N)的纯金属加工产品分别用括号内的汉号拼音字母加顺序号表示;(2) 其余纯金属加工产品均用化学元素符号加顺序号表示(如 Zn1、Zn2);(3) 钛用 T 加表示金属组织类型的字母及顺序号表示
	铝	L1、L2	1#、2#工业纯铝	
	镍	N2、N4	2#、4#纯镍	
	锌	Zn1、Zn2	1#、2#锌	
	钛	TAI	1#工业纯钛	
合金加工产品	青铜	QSn4-3 QA19-4	4-3 锡青铜 9-4 铝青铜	青铜用汉语拼音字母 Q 加第一个添加元素符号及除基元素铜外的成分数字组(百分之几)表示
	黄铜	H62、H68 HPb59-1 HFe58-1-1	62 黄铜、68 黄铜 59-1 铅黄铜 58-1-1 铁黄铜	黄铜用汉语拼音字母 H 加基元素铜的含量表示;三元以上的黄铜在 H 后加第二个主添加元素符号以及除锌以外的成分数字组(百分之几)表示
	白铜	B19 BMn3-12 BZn15-20	19 白铜 3-12 锰白铜 15-20 锌白铜	白铜用汉语拼音字母 B 加镍含量表示;三元以上的白铜在后加第二个主添加元素符号以及除基元素铜以外的成分数字组(百分之几)表示
	镍合金	NMn3 NCr10	3 镍锰合金 10 镍铬合金	镍合金用汉语拼音字母 N 加第一个主添加元素符号及除基元素镍外的成分数字组(百分之几)表示
	铝合金	LF2、LF6	2#, 6#防锈铝	铝合金用汉语拼音字母加顺序号表示
	钛合金	TC1	1#a+β 型钛合金	钛合金用 T 加合金组织类型的字母及顺序号表示
	其它合金	PbSb2 CuSi25	2 铅锑合金 25 铜硅中间合金	铅、锡、贵金属、稀有金属等合金用其元素符号加第一个主添加元素符号及除主元素外的成分数字组(百分之几)表示
铸造合金	铸铜合金	ZQSn6-6-3 ZQA19-4 ZHPb59-1	6-6-3 铸造合金 9-4 铸铝青铜 59-1 铸造黄铜	铸造铜合金的表示方法,除按上述规定表示外,并在代号前冠以汉语拼音字母 Z(铸)表示
	铸铝合金	ZL101 ZL202 ZL301	101#铸铝 202#铸铝 301#铸铝	合金代号中 Z、L、为铸、铝二字汉语拼音第一个字母,其后第一位数为合金分组号(1为铝硅合金、4为铝锌合金),第二、三位数为顺序号
	轴承合金	ZChSn1 ZChSn3 ZChPb4	1#锡基轴承合金 3#锡基轴承合金 4#铅基轴承合金	Z 为铸字汉语拼音第一个字母,Ch 为轴承中承字汉语拼音第一个音节;第一个化学元素为基元素,并以此分组
专用合金	焊接合金	HSnPb50 DHIAgCu50	50 锡铅焊料 50 铜焊料	专用合金表示方法是汉语拼音字母加二个基元素符号及除一个基元素外的成分数字组

第二节 铜及铜合金

1. 纯铜

纯铜是玫瑰红色金属，表面形成氧化铜膜后呈紫色，故工业纯铜常称紫铜或电解铜。密度为 $8\sim 9\text{g/cm}^3$ ，熔点 1083°C 。纯铜导电性很好，大量用于制造电线、电缆、电刷等；导热性好，常用来制造须防磁性干扰的磁学仪器、仪表，如罗盘、航空仪表等；塑性极好，易于热压和冷压力加工，可制成管、棒、线、条、带、板、箔等铜材。纯铜产品有冶炼品及加工品两种。

冶炼铜的牌号

牌号	代号	用途
一号铜	Cu-1	适用于电解铜，供溶铸铜线锭、铜锭、铜棒和铸造合金用
二号铜	Cu-2	适用于电工用铜线锭，供压延导电线材、铜棒和型材用

加工铜的组别、牌号

组成	牌号	代号	用途
纯铜	一号铜	T1	1.导电和高纯度合金用，2.导电用，3.一般用
	二号铜	T2	
	三号铜	T3	
无氧铜	一号无氧铜	TU1	电真空器件和仪器、仪表用
	二号无氧铜	TU2	
磷脱氧铜	一号脱氧铜	TP1	焊接等用
	二号脱氧铜	TP2	
银铜	0.1 银铜	TAg0.1	

2. 铜合金

1) 黄铜

黄铜是铜与锌的合金。最简单的黄铜是铜——锌二元合金，称为简单黄铜或普通黄铜。改变黄铜中锌的含量可以得到不同机械性能的黄铜。黄铜中锌的含量越高，其强度也较高，塑性稍低。工业中采用的黄铜含锌量不超过45%，含锌量再高将会产生脆性，使合金性能变坏。

为了改善黄铜的某种性能，在一元黄铜的基础上加入其它合金元素的黄铜称为特殊黄铜。常用的合金元素有硅、铝、锡、铅、锰、铁与镍等。在黄铜中加铝能提高黄铜的屈服强度和抗腐蚀性，稍降低塑性。含铝小于4%的黄铜具有良好的加工、铸造等综合性能。在黄铜中加1%的锡能显著改

善黄铜的抗海水和海洋大气腐蚀的能力，因此称为“海军黄铜”。锡还能改善黄铜的切削加工性能。黄铜加铅的主要目的是改善切削加工性和提高耐磨性，铅对黄铜的强度影响不大。锰黄铜具有良好的机械性能、热稳定性和抗蚀性；在锰黄铜中加铝，还可以改善它的性能，得到表面光洁的铸件。

黄铜可分为铸造和压力加工两类产品。

常用加工黄铜

组别	代号
普通黄铜	H96 H90 H80 H68 H62 H59
铅黄铜	HPb63-3 HPb59-1
锡黄铜	HSn62-1
加砷黄铜	HSn70-1
铝黄铜	HAl60-1-1
铁黄铜	HFe59-1-1 HFe58-1-1
锰黄铜	HMn58-2
镍黄铜	HNi65-5
硅黄铜	HSi80-3

2) 青铜

青铜是历史上应用最早的一种合金，原指铜锡合金，因颜色呈青灰色，故称青铜。为了改善合金的工艺性能和机械性能，大部分青铜内还加入其它合金元素，如铅、锌、磷等。由于锡是一种稀缺元素，所以工业上还使用许多不含锡的无锡青铜，它们不仅价格便宜，还具有所需要的特种性能。无锡青铜主要有铝青铜、铍青铜、锰青铜、硅青铜等。此外还有成份较为复杂的三元或四元青铜。现在除黄铜和白铜（铜镍合金）以外的铜合金均称为青铜。

锡青铜有较高的机械性能，较好的耐蚀性、减摩性和好的铸造性能；对过热和气体的敏感性小，焊接性能好，无铁磁性，收缩系数小。锡青铜在大气、海水、淡水和蒸汽中的抗蚀性都比黄铜高。铝青铜有比锡青铜高的机械性能和耐磨、耐蚀、耐寒、耐热、无铁磁性，有良好的流动性，无偏析倾向，可得到致密的铸件。在铝青铜中加入铁、镍和锰等元素，可进一步改善合金的各种性能。

青铜也分为压力加工和铸造产品两大类。

常用加工青铜

组别	代号
锡青铜	QSn4-3 QSn4-4-2.5 QSn6.5-0.1 QSn6.5-0.4
铝青铜	QA15 QA17 QA19-2 QA19-4 QA110-3-1.5
锰青铜	QMn1.5 QMn5
硅青铜	QSi1-3 QSi3-1
铍青铜	QBe2

3) 白铜

以镍为主要添加元素的铜基合金呈银白色，称为白铜。铜镍二元合金称普通白铜，加锰、铁、锌和铝等元素的铜镍合金称为复杂白铜，纯铜加镍能显著提高强度、耐蚀性、电阻和热电性。工业用白铜根据性能特点和用途不同分为结构用白铜和电工用白铜两种，分别满足各种耐蚀和特殊的电、热性能。白铜多经压力加工成白铜材，常用加工白铜的组别、牌号。

加工白铜的组别、牌号

组别	代号
普通白铜	B0.6 B5 B19 B25
铁白铜	BFe10-1-1 BFe30-1-1
锰白铜	BMn3-12 BMn40-1.5 BMN43-0.5
锌白铜	BZn15-20 BZn15-21-1.8 BZn15-24-1.5
铝白铜	BA13-3 BA16-1.5

3.铜材

以纯铜或铜合金制成各种形状包括棒、线、板、带、条、管、箔等统称铜材。铜材的加工有轧制、挤制及拉制等方法，铜材中板材和条材有热轧的和冷轧的；而带材和箔材都是冷轧的；管材和棒材则分为挤制品和拉制品；线材都是拉制的。各种铜材的种类、规格。

1) 铜棒材的种类、规格

种类	供应状态	直径范围(毫米)	备注
紫铜棒	拉制 挤制	5-80 30-120	包括方形、六角形棒，其直径为内切圆直径，即两平行边间的距离(以上均同)： 直径： 5-10 0.5进级 10-30 1进级 30-60 2进级 60-100 5进级 100-160 10进级
普通黄铜棒	拉制 挤制	5-80 10-160	
铅黄铜棒	拉制 挤制	5-60 10-160	
复杂黄铜棒	拉制 挤制	5-60 10-120	
铝青铜棒	拉制 挤制圆棒	5-40 10-160	
硅青铜棒	拉制 挤制圆棒	5-40 20-100	
锡青铜棒	拉制 挤制圆棒	5-40 30-120	
锌白铜棒	拉制 挤制	5-40 25-850	

2) 铜线材的种类、规格

种类	供应状态	直径范围(毫米)	备注
纯铜线	拉制 M、Y	0.02-6.0	
黄铜线	拉制 M、Y Y1、Y2	0.05-6.0	方形和六角形材直径范围为 3.0-6.0 毫米
铆钉用铜线和黄铜线	拉制	1.0-6.0	
硅青铜线	拉制 Y	0.10-6.0	
锡青铜线	拉制 Y	0.10-6.0	
白铜线	拉制 M、Y	0.05-6.0	BZn5-20 还有 Y2 供应

3) 铜板材的种类、规格

种类	供应状态	尺寸范围			备注
		厚度	宽度	长度	
纯铜板	热轧 冷轧 R、M、Y	4-50	200-3000	1000-6000	宽度 100 毫米时的冷轧板，其最大长度为 3000 毫米。热轧铜板的宽度按 1000 毫米进级
		0.2-10.0	200-2500	1000-6000	
黄铜板	热轧 冷轧 R、M、Y2 Y、T	5-50	200-3000	1000-6000	
		0.2-10.0	200-2500	1000-6000	
复杂黄铜板	热轧 R	4-40	400-1000	500-2000	
铝青铜板	M、Y2、Y	0.-12	100-1000	大于宽度	
锰青铜板	M、Y	0.5-5.0	100-600	600-1500	
硅青铜板	M、Y、T	0.5-10	100-1000	大于宽度	
锡青铜板	热轧 冷轧 R、M、Y2 Y、T	9-50	300-500	1000-2000	
		0.2-2.0	100-400	500	
锡锌铜 青铜板	M、Y3 Y2、Y	0.8-5.0	200-600	800-2000	
普通 白铜板	热轧 冷轧 R、M、Y	7-75	600-1500	大于宽度	
		0.5-10.0	100-1500		
铝白铜板	Y、CYS	0.5-12.0	100-600	800-1500	BA16-2.5(Y) BAI13-3(CYS)
锰白铜板	M、Y	0.5-10.0	100-600	800-1500	
锌白铜板	M、Y2 Y、T	0.5-10.0	100-600	800-1500	

4) 铜带材的种类规格

种类	供应状态	尺寸范围 (毫米)		
		厚度	宽度	长度 (不小于)

纯铜带	M, Y	0.05-1.50	20-600	7000-20000
黄铜带	M, Y2, Y, T	0.05-1.50	20-600	7000-20000
铝青铜带	M, Y2, Y, T	0.05-1.20	30-300	2000
锰青铜带	M, Y	0.10-1.20	20-300	2000-3000
硅青铜带	M, Y, T	0.05-1.20	30-300	2000
锡青铜带	M, Y2, Y, T	0.05-1.20	40-400	2000-3000
锡铅锌青铜带	M, Y	0.80-1.20	40-200	5000-8000
普通白铜带	M, Y	0.05-1.20	20-300	2000-3000
铝白铜带	BA16-1.5Y BA113-3CYS	0.05-1.20	30-300	2000-3000
锰白铜带	M, Y	0.05-1.20	20-300	2000-3000
锌白铜带	M, Y2, Y, T	0.05-1.20	30-300	2000-3000

注：厚度进级分档（毫米）0.05、0.06、0.07、0.08、0.09、0.10、0.12、0.15、0.18、0.20、0.22、0.25、0.30、0.40、0.45、0.50、0.55、0.60、0.65、0.70、0.75、0.80、0.90、0.95、1.00、1.10、1.20、1.30、1.40、1.50

5) 铜管材的种类、规格

种类	供应状态	规格范围（毫米）	
		外径（公称尺寸）	壁厚
拉制铜管	M, Y	3-50（1进级） 52-100（2进级） 105-200（5进级） 210-360（10进级）	0.5-6.0 1.0-10.0 2.0-10.0 3.0-7.0
挤制铜管	R	30-46（2进级） 50-200（5进级） 210-300（10进级）	5-10 5-30 10-30
拉制黄铜管	M, Y	3-40（1进级） 42-160（2进级） 165-200（5进级）	0.5-10 1.0-10 3.0-10
挤制黄铜管	R	21-56（1进级） 58-94（2进级） 95-170（5进级）	1.5-9.0 4.0-10.0 5.0-10.0
黄铜薄壁管	M, Y2, Y	3-10（1进级） 12-30（2进级）	0.15-0.90 0.20-0.90
挤制铝青铜管	R	20-46（1进级） 48-50（2进级） 55-170（5进级） 180-250（10进级）	3-7.5 3-7.5 5-42.5 15-50
铜及铜合金毛细管	M, Y2, Y	0.5-0.8（1进级） 1.0-3.0（0.2进级）	0.10-0.20 0.10-0.90
锌白铜管	M, Y2, Y	4-20（1进级） 22-40（2进级）	0.5-4.0 0.75-40
拉杆天线套管 H62	Y	2.8-3.2（0.2进级） 3.6-4.4（0.4进级） 5-13（1进级）	0.25

6) 铜箔材的种类、规格

种类	供应状态	尺寸范围 (毫米)		
		厚度	宽度	长度
紫铜箔	Y	0.008 0.010 0.012 0.015 0.020	4-120	不小于 5000
	Y、M	0.030 0.040 0.050	40-150	

第三节 铝及铝合金

铝是一种轻金属，密度小（ $2.79/\text{Cm}^3$ ），具有良好的强度和塑性，铝合金具有较好的强度，超硬铝合金的强度可达 600Mpa，普通硬铝合金的抗拉强度也达 200~450Mpa，它的比钢度远高于钢，因此在机械制造中得到广泛的运用。铝的导电性仅次于银和铜，居第三位，用于制造各种导线。铝具有良好的导热性，可用作各种散热材料。铝还具有良好的抗腐蚀性能和较好的塑性，适合于各种压力加工。

铝合金按加工方法可以分为变形铝合金和铸造铝合金。变形铝合金又分为不可热处理强化型铝合金和可热处理强化型铝合金。不可热处理强化型不能通过热处理来提高机械性能，只能通过冷加工变形来实现强化，它主要包括高纯铝、工业高纯铝、工业纯铝以及防锈铝等。可热处理强化型铝合金可以通过淬火和时效等热处理手段来提高机械性能，它可分为硬铝、锻铝、超硬铝和特殊铝合金等。

铝合金可以采用热处理获得良好的机械性能，物理性能和抗腐蚀性能。铸造铝合金按化学成分可分为铝硅合金、铝铜合金、铝镁合金和铝锌合金。

1. 纯铝产品

纯铝分冶炼品和压力加工品两类，前者以化学成份 Al 表示，后者用汉语拼音 LG（铝、工业用的）表示。

冶炼纯铝的代号、用途

代号	用途
Al99.7	制造铝箔、铝合金、防锈用的包铝材料、电缆和导体、特殊用途及化学工业用铝合金
Al99.6	
Al99.5	制造电缆及导体、铝合金、铝箔、铝粉及器皿;制造铝合金及其它合、铝食具、电缆及导体、中间合金;用作铝合金配料、中间合金、铝制器具及日用品
Al99.0	
Al98.0	

工业高纯铝的代号和成分

工业高纯铝								
代号	LG5	LG4	LG3	LG2	LG1			
铝(%)	99.99	99.97	99.93	99.90	99.85			
工业高纯铝								
代号	L1	L2	L3	L4	L4-1	L5	L5-1	L6
铝(%)	99.7	99.6	99.5	99.3	99.3	99.0	99.0	98.3

2.压力加工铝合金

铝合金压力加工产品分为防锈(LF)、硬质(LY)、锻造(LD)、超硬(LC)、包覆(LB)、特殊(LT)及钎焊(LQ)等七类。常用铝合金材料的状态为退火(M 焖火)、硬化(Y)、热轧(R)等三种。压力加工铝合金的产品代号。

铝合金加工产品代号

类别	代号
防锈铝合金	LF2
	LF6
	LF11
	LF21
	LF43
硬铝合金	LY1
	LY2
	LY11
	LY17
锻铝合金	LD2
	LD5
	LD8
	LD9
	LD10
超硬铝合金	LC4
	LC9
包覆铝合金	LB1
特殊铝合金	LT1
	LT17
钎焊铝合金	LQ1

3.铝材

铝和铝合金经加工成一定形状的材料统称铝材，包括板、带、箔、管、棒、线、型等。各种铝合金及规格。

铝材的主要品种及规格（毫米）

品种	厚度	宽度	长度
铝及铝合金板	0.3-150	400-2500	2000-10000
不要热处理强化的铝和铝合金板	0.3-10	1000-1500	2000-4000
铝及铝合金花纹板	底板厚度 1.0-7.0	1000-1600	2000-10000
电容器用铝箔	0.005-0.010 0.012-0.016	120-520 90-540	成卷供应
工业用铝箔	0.006-0.009 0.010-0.200	40-950 90-1000	成卷供应
铝合金箔	0.020-0.200	40-400	成卷供应
铝及铝合金圆棒	直径 5-630		
铝及铝合金四方棒	边长 5-200		
铝及铝合金六方棒	对边距离 5-200		
铝及铝合金管 冷拉薄壁管 热挤压厚壁管	外径 6-120 25-500	壁厚 0.5-5.0 5.0-50	
铝及铝合金冷拉管	外径 6-120 25-500	壁厚 0.5-5.0 3-50	
铝及铝合金线材	直径 1.6-10		

4.铸造铝合金

铸造铝合金（ZL）按成分中铝以外的主要元素硅、铜、镁、锌分为四类，代号编码分别为 100、200、300、400。

铸造铝合金的代号

组别	代号
铝硅合金 (100 系列)	ZL101
	ZL102
	ZL103
	ZL104
	ZL105
	ZL106
	ZL107
	ZL108
	ZL109
	ZL110
	ZL111
铝铜合金 (200 系列)	ZL201
	ZL202
	ZL203
铝镁合金 (300 系列)	ZL301
	ZL302
铝锌合金 (400 系列)	ZL401
	ZL402

5.高强度铝合金

高强度铝合金指其抗拉强度大于 480MPa 的铝合金，主要是压力加工铝合金中硬铝合金类、超硬铝合金类和铸造合金类。

高强度铝合金的品种

类别	代号	美国牌号
压力加工铝合金	LY12	2024 2124
	LY16	2219
	LC4	7075
	ZL702	SAE354.0
铸造铝合金	ZL204	K0-1 (210.0)
	ZL-S305	X-250
	ZL-5012	Arcast67

第三章 金属腐蚀基础

腐蚀是材料在环境的作用下引起的破坏或变质。

金属和合金的腐蚀主要是由于化学或电化学反应引起的破坏，有时还同时伴有机械、物理或生物作用。例如应力腐蚀破裂就是应力和化学物质共同作用的结果。单纯物理作用的破坏，如合金在液态金属中的物理溶解，也属于腐蚀范畴，但这类破坏实例不多。单纯的机械破坏，如金属被切削、研磨，不属于腐蚀范畴。非金属的破坏一般是由于化学或物理作用引起，如氧化、溶解、溶胀等。

第一讲 金属腐蚀概述

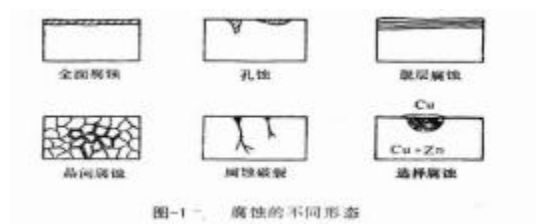
第一节 金属腐蚀的分类

根据腐蚀的形态，可分为均匀（全面）腐蚀和局部腐蚀两类，局部腐蚀还可分为若干小类。

根据腐蚀的作用原理，可分为化学腐蚀和电化学腐蚀。两者的区别是当电化学腐蚀发生时，金属表面存在隔离的阴极与阳极，有微小的电流存在于两极之间，单纯的化学腐蚀则不形成微电池。过去认为，高温气体腐蚀（如高温氧化）属于化学腐蚀，但近代概念指出在高温腐蚀中也存在隔离的阳极和阴极区，也有电子和离子的流动。据此，出现了另一种分类：干腐蚀和湿腐蚀。湿腐蚀是指金属在水溶液中的腐蚀，是典型的电化学腐蚀，干腐蚀则是指在干气体（通常是在高温）或非水溶液中的腐蚀。单纯的物理腐蚀，对于金属很少见，对于非金属，则多半产生单纯的化学或物理腐蚀，有时两种作用同时发生。

第二节 金属腐蚀的形态

金属腐蚀的形态可分为全面（均匀）腐蚀和局部腐蚀两大类。前者较均匀地发生在全部表面，后者只发生在局部。例如孔蚀，缝隙腐蚀，晶间腐蚀，应力腐蚀破裂，腐蚀疲劳，氢腐蚀破裂，选择腐蚀，磨损腐蚀，脱层腐蚀等。



一般局部腐蚀比全面腐蚀的危害严重得多，有一些局部腐蚀往往是突发性和灾难性的。如设备和管道穿孔破裂造成可燃可爆或有毒流体泄漏，而引起火灾、爆炸、污染环境等事故。根据一些统计资料，化工设备的腐蚀，局部腐蚀约占70%。均匀腐蚀虽然危险性小，但大量金属都暴露在产生均匀腐蚀的气体 and 水中，所以经济损失也非常惊人。

1.全面（均匀）腐蚀

金属表面的全部或大部都发生腐蚀，腐蚀程度大致是均允的。一般表面覆盖一层腐蚀产物膜，能使腐蚀减缓，高温氧化就是一例。又如易钝化的金属如不锈钢、钛、铝等在氧化环境中产生极薄的钝化膜，具有优良的保护性，使腐蚀实质上停止。铁在大气和水中产生的氧化膜（锈）保护性很低。一般均匀腐蚀很严重。

也有些均匀腐蚀不产生表面膜，如铁在稀硫酸或盐酸中全面迅速溶化。无膜全面腐蚀很危险，但在现实生活中很少发生，除非选材严重错误，例如选用铁或铝设备贮运盐酸等。

均匀腐蚀的程度可以用腐蚀率来表示。常用两种单位，一是单位时间内，单位面积上损失的重量，以 $g/(m^2 \cdot h)$ 计；另一是单位时间内腐蚀的平均厚度，以 $mm / 年$ 计。二者换算关系如下：

$$1mm / 年 = 8.76g / (m^2 \cdot h) \times 1/d$$

式中：

d-材料的密度。

由厚度腐蚀率可以估算设备的预期寿命，一般应用得更广泛。

2.孔蚀

孔蚀是一种高度局部的腐蚀形态。孔有大有小，多数情况下比较小，一般孔表面直径等于或小于它的深度，也有些情况为碟形浅孔。

小而深的孔可能使金属板穿透，引起物料流失、火灾、爆炸等事故。它是破坏性和隐患最大的腐蚀形态之一。

孔蚀通常发生在表面有钝化膜或有保护膜金属，如不锈钢、钛、铝合金等。由于金属表面存在缺陷（露头的螺位错，非金属夹杂物等）和液体存在能破坏钝化膜的活性离子（如 Cl^- 、 Br^- ），

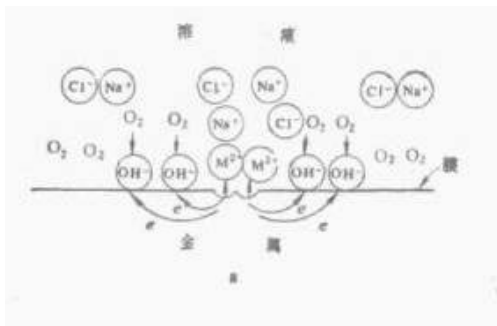
钝化膜在局部被破坏，微小的膜破口处的金属成为阳极，其电流高度集中，破口周围大面积的膜成为阴极，因此腐蚀迅速向内发展，形成蚀孔。

当蚀孔形成不久，孔内的氧很快耗尽，因此只有阳极反应在孔内进行，很快就积累了带正电的金属离子。为了保持电中性，带负电的 Cl^- 从外部溶液扩散到孔内，由于金属（Fe、Cr）氯化物的水解产生了盐酸：

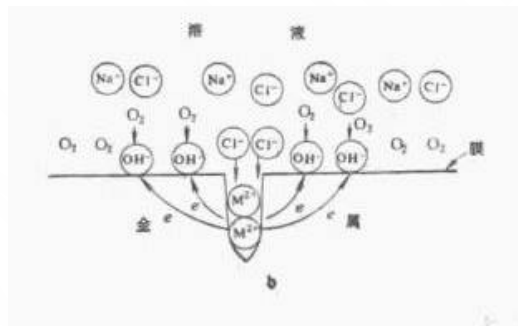


孔内 pH 下降，变为酸性，盐酸使更多的金属溶解，又有更多的 Cl^- 迁入孔内，形成自催化加速的腐蚀。邻接触蚀孔的表面由于产生阴极氧还原反应而不受腐蚀，亦即获得了阴极保护。

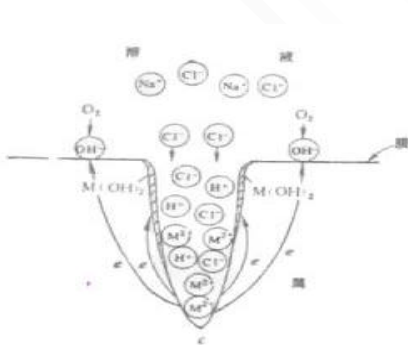
蚀孔形成以后，是否继续深入发展直至穿孔，由于影响因素复杂，现在还不能精确预测，一般地说，如孔少，腐蚀电流集中，深入发展的可能性大；如孔多，就较浅，危险性也较小。



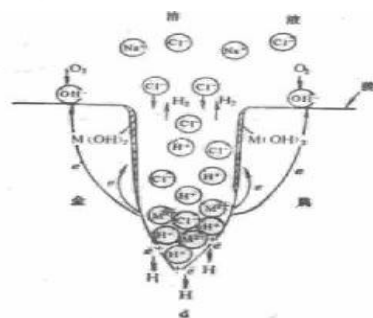
a-钝化膜局部破裂



b-膜破口腐蚀闭塞区内金属离子增浓



c-阴离子进入闭塞区，金属离子水解，pH 下降



d-裂缝内产生自催化加速腐蚀过程，H 在尖端析出，渗入裂缝前缘，使金属脆化

孔蚀、缝隙腐蚀和应力发展阶段示意图

3. 缝隙腐蚀

是孔蚀的一种特殊形态，发生在缝隙内（如焊、铆缝、垫片或沉积物下面的缝隙），破坏形态为沟缝状，严重的可穿透。缝隙内是缺氧区，也处于闭塞状态，缝内 pH 值下降，浓度增大。常有一段较长的孕育期，当缝内 pH 值下降到临界值后，与孔相似，也产生加速腐蚀。一般在含 Cl^- 溶液中

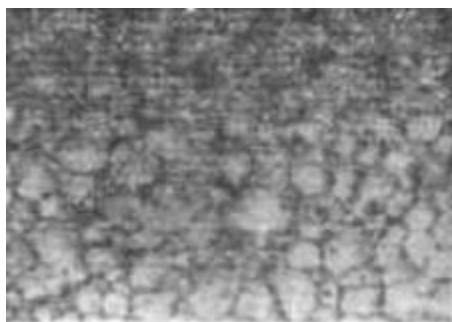
最易发生。有效的防止方法是消除缝隙。

4.脱层腐蚀

在金属层状结构层与层之间产生腐蚀，先垂直向内发展，然后改变方向，有选择地腐蚀与表面平行的物质。腐蚀产物的膨胀力使未腐蚀的表层成层状脱离（上图）。

5.晶间腐蚀

腐蚀从表面沿晶粒边界向内发展，外表没有腐蚀迹象，但晶界沉积疏松的腐蚀产物。由金相显微镜可看到晶界呈现网状腐蚀（下图）。严重的晶间腐蚀可使金属失去强度和延展性，在正常载荷下碎裂。



（Cr18Ni8Ti 不锈钢在 HCl-空气-H₂O-丁烷混合气中，700℃）

晶间腐蚀

晶间腐蚀是晶界在一定条件下产生了化学和组成上的变化，耐蚀性降低所致，这种变化通常是由于热处理或冷加工引起的。以奥氏体不锈钢为例，含铬量须大于 11%才有良好耐蚀性。当焊接时，焊缝两侧 2~3mm 处可被加热到 400~910℃，在这个温度（敏化温度）下晶界的铬和碳易化合形成 Cr₃C₆，Cr 从固溶体中沉淀出来，晶粒内部的 Cr 扩散到晶界很慢，晶界就成了贫铬区，铬量可降到远低于 11%的下限，在适合的腐蚀溶液中就形成“碳化铬晶粒（阴极）-贫铬区（阳极）”电池，使晶界贫铬区腐蚀。

奥氏体不锈钢晶间腐蚀在工业中较常见，危害也最大。防止方法有：

“固溶淬火”处理：将已产生贫铬区的钢加热到 1100℃左右，使碳化铬溶解，水淬，迅速通过敏化温度区，使合金保持含 Cr 的均一态。

钢中加入少量更易生成碳化物的元素钛或铌。

碳含量降低到 0.03%以下，从晶界沉淀的铬量就很少。

6.选择性腐蚀

工业合金含有不同成分和杂质，具有不同的结构，耐蚀性也有差别。在一定溶液中，有些活性组分溶出，剩下疏松的不活泼组分，强度和延性完全丧失。这类选择性腐蚀的常见例子是黄铜脱锌。锌溶入溶液，黄铜表面覆盖一层疏松的红色薄膜。实际上铜也溶解，但其后又沉积在合金表面上。除均匀的层状脱锌外，还有局部的塞状脱锌。提高铜含量（红黄铜：Cu85%）可防止脱锌，加入1%锡，或少量砷、锑、磷也能改善对脱锌的抗力。

灰铸铁的石墨化也是选择性腐蚀，铁腐蚀浸出，剩下石墨网状体，严重失去强度。球墨或延展性铸铁因为不存在残余物联系在一起的网络结构，所以不产生石墨化。

7.磨损腐蚀

1) 冲击腐蚀

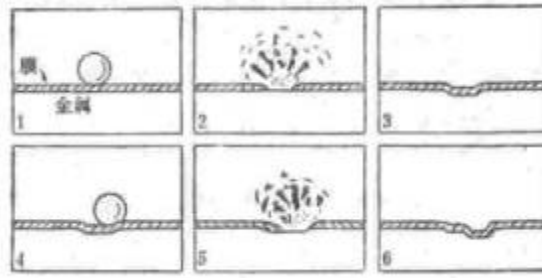
金属表面受高流速和湍流状的流体冲击，同时遭到磨损和腐蚀的破坏，称为磨损腐蚀。冲击腐蚀是磨损腐蚀的主要形态。金属在高速流体冲击下，保护膜破坏，破口处裸金属加速腐蚀。如果流体中含有固体颗粒，磨损腐蚀就更严重。它的外表特征是：局部性沟槽、波纹、圆孔和山谷形，通常显示方向性。暴露在运动流体中的设备如：管、三通、阀、鼓风机、离心机、叶轮、换热器、排风筒等都能产生冲击腐蚀。软金属如铜和铅更为严重。

冲击腐蚀多发生在流体改变方向的部位。如弯头、三通、旋风分离器，容器内和入口管相对的部位。冷凝器和换热器管束入口处，流体由大截面进入小口，产生湍流，在管入口数十毫米处常发生严重腐蚀。

防止冲击腐蚀可以选用耐磨损较好的材料，如20号合金优于18/8不锈钢，90Cu/10Ni优于70Cu/30Ni（海水中），也可改进设计、改变环境、或用涂层和阴极保护等。

2) 空泡腐蚀

空泡腐蚀简称空蚀或气蚀，是磨损腐蚀的一种特殊形态。在高速液体中含有空泡，使磨损腐蚀十分严重。空泡的形成是由于液体的湍流或温度变化引起局部压力下降，空泡内只含少量水汽，存在时间非常短暂，气泡破裂时产生冲击波压力可高达4000atm，使金属保护膜破坏，并可引起塑性形变，甚至撕裂金属粒子。膜破口处裸金属受腐蚀，随即重新生膜。在同一点上又形成新空泡，又迅即破裂，这个过程反复进行，结果金属表面生成致密而深的孔，外表很粗糙。泵叶轮和水力透平机等常产生空蚀。



空泡腐蚀的发生过程示意图

防止空蚀可改进设计，以减小流程中流体动压差，也可选用较耐空蚀的材料或精磨表面，因为光洁表面不提供形成空泡的核点。用弹性保护层（塑料或橡胶）或阴极保护也有效。

3) 摩振腐蚀

它也是磨损腐蚀的一种特殊形态，是指承受载荷、互相接触的两表面由于振动和滑动（反复的相对运动）引起的破坏，也称微振腐蚀。摩振腐蚀的危害非常大，既破坏了精密的金属部件，产生的氧化锈泥常将部件锈死，还会使接触面超过容许公差，产生的蚀孔还会引起疲劳破裂。

摩振腐蚀最常见的例子是滚珠轴承套与轴之间，也发生在引擎、机车部件、螺栓连接的部件等处。它的必要条件是反复的相对运动，位移小至 10^{-8} cm 即可引起破坏。例如在远距离铁路和轮船运输中的汽车轴，表面承受载荷，又发生连续轻微振动，将产生摩振腐蚀。它不发生在连续运动的表面上。正常行驶的汽车因为轴承表面间的相对运动非常大（旋转），就不发生这种腐蚀。

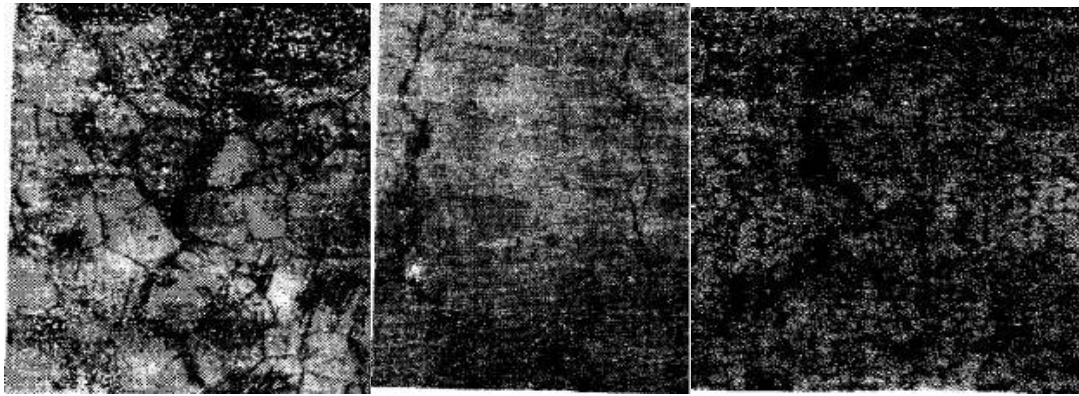
摩振腐蚀的原因是摩振作用破坏了金属保护膜，裸金属迅速氧化，磨损和氧化反复进行，使破坏加剧。另外，金属表面因受压产生冷焊或熔化，其后由于相对运动使金属碎粒脱落，并迅速氧化。二者都产生氧化锈粒，破坏金属界面。氧在摩振腐蚀中很重要，但也有些摩振腐蚀不需要氧。

防护方法可在接触表面涂润滑油脂，可减小摩擦，并排除氧，如果表面同时磷化更有效。还可选用硬质合金，喷丸处理或冷加工以提高表面硬度等。

8.应力腐蚀破裂

合金在腐蚀和一定方向的拉应力同时作用下产生破裂，称为应力腐蚀破裂。裂缝形态有两种：沿晶界发展，称晶间破裂；缝穿过晶粒，称穿晶破裂，也有混合型，如主缝为晶间型，支缝或尖端为穿晶型，它是最危险的腐蚀形态之一，可引起突发性事故。

应力腐蚀破裂有一些特征：必须存在拉应力（如焊接、冷加工产生的残余应力），如果存在压应力则可抑制这种腐蚀，



(Cr18Ni9 敏化不锈钢在 3%NaCl 溶液中, 90) (Cr18Ni9Ti 不锈钢在 Cl^- 溶液中) (Cr18Ni9 不锈钢)

a.晶间腐蚀

b.穿晶腐蚀

c.混合型破裂

应力腐蚀破裂

只发生在一定的体系，如奥氏体不锈钢/ Cl^- 体系，碳钢/ NO_3^- 体系，铜合金/ NH_4^+ 体系等。

应力腐蚀的机理很复杂，按照左景伊提出的理论，破裂的发生和发展可区分为三个阶段：

金属表面生成钝化膜或保护膜；

膜局部破裂，产生蚀孔或裂缝源；

裂缝内发生加速腐蚀，在拉应力作用下，以垂直方向深入金属内部。

产生应力腐蚀必须满足上述三个阶段的生成环境。以奥氏体不锈钢/ Cl^- 体系为例，环境中必须含有 Cl^- 和氧，因为奥氏体不锈钢在含氧环境内很容易钝化，满足了条件 1； Cl^- 是破钝剂，在应力作用下，膜的局部缺陷处很容易破裂，满足了条件 2；裂缝内形成闭塞区，pH 值下降， Cl^- 从外部迁入增浓、pH 值下降到 1.3 以下，腐蚀加速，这和孔蚀相同。裂缝尖端产生了氢，引起局部脆化，在拉应力作用下发生脆性破裂，然后裂尖又进入酸性溶液；裂缝在腐蚀和脆裂的反复作用下迅速发展。

防止应力腐蚀的方法有以下一些：进行热处理以消除部件的应力；改进设计结构，避免应力集中于局部，设计中选用的载荷应低于产生应力腐蚀的临界值；表面用喷丸处理产生压应力，采用电化学保护、涂料、或缓蚀剂等。

9.氢腐蚀

1) 氢鼓泡

对低强度钢，特别是含大量非金属夹杂时，溶液中产生的氢原子很容易扩散到金属内部，大部分 H 通过器壁在另一侧结合为 H_2 逸出，但有少量 H 积滞在钢内空穴，结合为 H_2 ，因氢分子不能扩散，将积累形成巨大内压，使钢表面鼓泡，甚至破裂。

当环境中含有硫化物、氰化物、含磷离子等阻止放氢反应的毒素，氢原子就会进入钢内产生鼓

泡。石油工业物料常含有上述毒素，氢鼓泡是常见的危害。防止方法：除去这类毒素最为有效；也可选用无空穴的镇静钢以代替有众多空穴的沸腾钢。此外，可采用氢不易渗透的奥氏体不锈钢或镍的衬里，或橡胶，塑料、瓷砖衬里、加入缓蚀剂等。

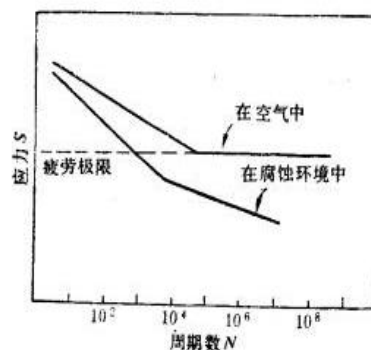
2) 氢脆

在 高强钢中晶格高度变形，当 H 进入后，晶格应变更大，使韧性及延展性降低，导致脆化，在外力下可引起破裂。不过在未破裂前氢脆是可逆的，如进行适当的热处理，使氢逸出，金属可恢复原性能。一般钢强度越高，氢脆破裂的敏感性越大。它的机理还不十分清楚，有各种理论，如：氢分子聚积造成巨大内压；吸附氢后使表面能降低，或影响了原子键结合力，促进了位错运动等。一些迹象表明，铁素体和马氏体铁合金在裂缝尖处与氢产生了反应，钛、钽等易生成氢化物的金属，在高温下容易与溶解的氢反应，生成脆性氢化物。高温下氢还能造成脱碳。

进入金属的氢常产生于电镀、焊接、酸洗、阴极保护等操作中。应力腐蚀的裂尖酸化后，也将产生氢脆，但阳极腐蚀，已造成永久性损害，与单纯氢脆有别。氢脆与钢内空穴无关，所以防止方法与防氢鼓泡稍有不同：在容易发生氢脆的环境中，避免使用高强钢，可用 Ni、Cr 合金钢；焊接时采用低氢焊条，保持环境干燥（水是氢的主要来源）；电镀液要选择，控制电流；酸洗液中加入缓蚀剂。氢已进入金属后，可进行低温烘烤驱氢，如钢一般在 90~150 脱氢。

10. 腐蚀疲劳

腐蚀和交变应力（应力方向周期性变化，亦称周期应力）共同作用引起的破裂，称为腐蚀疲劳。在无腐蚀时，金属受交变应力作用将产生疲劳破裂。对于铁合金，承受的应力有一临界值，如低于此值，即使经无限周期也不会疲劳破裂。此值称为疲劳极限。非铁金属如铝、镁，没有疲劳极限，但抗疲劳性能也随应力减小而增大。通常规定在 10^6 周期不产生疲劳破裂的临界应力值为疲劳极限。在腐蚀环境中疲劳极限大大下降，因而在较低的应力和较短的周期内就发生疲劳破裂。



钢在周期应力下的 S-N 曲线

腐蚀疲劳的外形特征是：产生众多深孔，裂缝可以有多条，由蚀孔起源以和应力垂直的方向纵深发展，是典型的穿晶型，设有支缝，缝边呈现锯齿形。振动部件如泵轴和杆、螺旋桨轴、油气井管、吊索以及由温度变化产生周期热应力的换热管和锅炉管等，都容易发生腐蚀疲劳。腐蚀疲劳最易发生在能产生孔蚀的环境中，无疑，蚀孔起了提高应力的作用。周期应力使保护膜反复局部破裂，裂口处裸金属遭受不断腐蚀。与应力腐蚀不同，腐蚀疲劳对环境没有选择性。氧含量、温度、pH 值

和溶液成分都影响腐蚀疲劳。阳极极化将促进腐蚀疲劳。

防止方法：改进设计或进行热处理以消除和减小拉应力，表面喷丸处理产生压应力，电镀锌、铬、镍等，但电镀时注意镀层中不可产生拉应力，也不可氢渗入。也可用缓蚀剂和阴极保护。

第二讲 黑色金属及其合金耐蚀性

金属材料的化学性能最主要的是指它的耐腐蚀性。材料抵抗周围介质对腐蚀破坏的能力称为材料的耐腐蚀性能。耐蚀性不是材料固有不变的特性，它随材料的工作条件而改变。

第一节 碳钢和普通铸铁的耐蚀性

1.耐蚀性能

在淡水、大气、土壤、海水等中性介质中都不耐蚀；

在各类干燥气体和有机溶剂等介质中耐蚀性良好；

在低浓度碱溶液¹⁴及浓硫酸、浓氢氟酸等介质中，碳钢和普通铸铁表面能生成稳定的膜，因而是耐蚀的。

2.影响耐蚀性的因素

介质组成；铁碳合金的成分和组织；钢铁热处理条件差异。

第二节 耐蚀合金铸铁

在铸铁中加入某些合金元素可以大大提高它在一些介质中的耐蚀性。如添加硅、铬、铝等元素，可使铸铁表面形成连续、致密、牢固的表面膜；添加镍能获得耐碱性介质腐蚀性能优良的奥氏体铸铁；加稀土元素、镁，能使石墨球化，从而大大改善高硅铸铁的力学性能和工艺性能。

¹⁴ 但在低浓度碱清洗之后表面容易达到生锈条件而产生闪锈。

第三节 耐蚀低合金钢

耐蚀低合金钢通常是指在碳钢中加入合金元素的总量低于 3%左右的合金。加入的合金元素种类、含量不同，所起的作用不同。

根据在不同介质中的耐腐蚀性能，可将耐蚀低合金钢分为如下几种：

- (1) 耐大气腐蚀钢种；
- (2) 耐海水腐蚀钢种；
- (3) 耐硫化氢腐蚀钢种。

第四节 不锈钢的耐蚀性

不锈钢是铬、镍含量较高的合金钢。通常把耐大气腐蚀的合金钢称为不锈钢，把在酸中及其它强腐蚀性介质中耐腐蚀的合金钢称为耐酸钢。一般把上述不锈钢与耐酸钢统称为不锈钢耐酸钢或简称为不锈钢。

1. 铬 13 不锈钢

铬 13 不锈钢（马氏体、铁素体）的牌号对照见下表：

中国	美国	英国	西德	日本	苏联
1Cr13 马氏体	AISI 403、410	En 56B	W-Nr, 4021	SUS 21、22	>K2
2Cr13 马氏体	AISI 420	En 56C	W-Nr, 4034	SUS 23	>K2
1Cr13 铁素体	AISI 405	En 56A	W-Nr, 4001、4024	SUS 38	

本钢种含铬 12~14%，约为不锈钢必需含铬的最低量（Cr > 12%）。它可经热处理硬化，产生带磁性的马氏体结构，所以通称马氏体不锈钢。低碳品种有铁素体不锈钢。

它的耐蚀性和其它不锈钢类似。能够耐大气、水、硝酸、碱、盐、有机酸、有机化合物及其它氧化性环境的腐蚀；不耐非氧化性酸（硫酸、盐酸等）的腐蚀。在含有卤素离子的溶液中可产生孔蚀和应力腐蚀破裂。由于它不含镍，铬含量也较低，所以一般耐蚀性都低于铬 17 铁素体和铬 18 镍 9 奥氏体不锈钢。

它的强度和硬度高，韧性较低，常用于同时需要耐蚀性、强度和硬度的部件，如阀门部件、球轴承等。一般不用作槽、管等化工设备。

2. 铬 17 不锈钢

铬 17 不锈钢（铁素体）的牌号对照见下表：

中国	美国	英国	西德	日本	苏联
Cr17Ti	AISI 430	En 60	W-Nr, 4016、4510	SUS 24	>K645

铬 17 不锈钢含铬 17~27%，晶粒结构主要是带磁性的铁素体，所以通称铁素体不锈钢。它不能经热处理硬化，但可通过冷加工硬化。

它的耐蚀性和其它不锈钢类似，耐大气性能优良，耐硝酸和其它氧化性环境，也耐碱、盐、水、有机酸及其它有机化合物的腐蚀。不耐非氧化性酸（硫酸、盐酸等）的腐蚀。其耐蚀性优于马氏体不锈钢，低于奥氏体不锈钢，但在耐应力腐蚀破裂方面优于奥氏体不锈钢。

主要用于耐大气腐蚀的如汽车和建筑业的各类部件、家庭用具等，也可用于硝酸工业的设备（如贮罐）。但因其焊接、加工性能远低于铬 18 镍 9 钢，故在化工方面的应用受到了限制。

本钢种有含钛、不含钛和低碳等几个品种，其耐蚀性基本相似，低碳含钛的钢对晶间腐蚀有较强的抵抗力。

3. 铬 18 镍 9 不锈钢

铬 18 镍 9 不锈钢（奥氏体）的牌号对照见下表：

中国	美国	英国	西德	日本	苏联
0Cr18Ni9	304、304L	58E	4301、4306	27、28	842
1Cr18Ni9	302	58A	4300	39、40	1
1Cr18Ni9Ti(Nb)	321 (347)	58B (F)	4541 (4550)	29	T
Cr25Ni20	310、314			42	
Cr18Mn8Ni5	202				

铬 18 镍 9 不锈钢（奥氏体）是含铬 11% 以上或同时含镍的钢种的通称。它在常温氧化性环境（如大气、水、强氧化性酸等）中容易钝化，使表面产生一层以氧化铬（Cr₂O₃）为主，保护性很强的薄膜，其腐蚀率极低，因此得“不锈钢”之名。但当温度增高或环境的氧化能力减小时，将由钝态变为活态，腐蚀显著增大。各类不锈钢对有机酸、有机化合物、碱、中性溶液和多种气体都有良好耐蚀性。在非氧化性酸（硫酸、盐酸等）中腐蚀严重。不锈钢设备的腐蚀常常为局部腐蚀，当处于钝态和活态边缘，在含有卤素离子的盐溶液中，可能产生孔蚀。在含有对应力腐蚀敏感离子（如 Cl⁻、OH⁻ 等）的溶液中，受应力的部分（如焊缝附近）则可能产生危险的应力腐蚀破裂。焊缝两侧的敏化区还易产生晶间腐蚀。

铬镍钢的耐蚀性和机械性能都超过单纯铬钢。镍的加入促进奥氏体结构的生成，可得到更好的机械性能，特别是使韧性提高，同时又增大了钝化范围，使它更容易钝化。铬 18 镍 9 钢是不锈钢中用途最广的品种。它没有磁性，不能经热处理硬化，但和铁素体不锈钢一样，可经冷加工硬化。加入少量钛或铌的品种对晶间腐蚀的抗力较高，也称“稳定钢”。铬、镍含量越高，耐蚀性和耐热性也越高，如铬 25 镍 20 钢就具有耐高温氧化的特点。此外，还生产了以锰代镍的节镍或无镍钢（铬锰氮钢）。所有以上品种耐蚀性基本相同，唯有含钼 2~4% 的铬镍钼钢对非氧化性酸、卤化物等介质的耐蚀性较好，不易产生孔蚀，因差别较多，所以另列表。

4. 铬 18 镍 12 钼（钛）不锈钢

铬 18 镍 12 钼（钛）不锈钢（奥氏体）的牌号对照见下表：

中国 YB(10-59)	美国 AISI	英国 En	西德 DIN	日本 SUS	苏联
Cr18Ni12Mo2~3	316、316L	58H、58J	4436、4570-1 4573	32、33、35	400-1
Cr18Ni12Mo2Ti	317		4449		
Cr26Mo1	E-Brite 26-1	-	-	-	-

本钢种和一般铬镍不锈钢相似，氮由于加入了 2~4% 的钼，所以在许多方面比铬镍不锈钢更为优越，特别是在非氧化性酸和热的有机酸、氯化物中的耐蚀性要比铬镍不锈钢好得多，抗孔蚀的能力也越好。

含钛或铌的钢对晶间腐蚀有较强的抗力。含钼的铬锰氮（镍）钢耐蚀性与钢种基本类似，因此，可作本钢种的代用品。

铬 26 钼 1 微碳铁素体不锈钢（E-Brite 26-1）耐蚀性与本钢种类似，与其它无镍铁素体钢同样具有耐孔蚀和应力腐蚀破裂的优点，且因碳、氮的含量低，所以也耐晶间腐蚀。可作本钢种的节镍代用品。

5. 铬 20 镍 22~30 不锈钢 20 号合金

铬 20 镍 22~30 不锈钢国外商品名为 Durime 20(铸材), Carpehter 20(锻材), Worthite。牌号见下表：

牌号
20 号合金
镍、铬、钼耐热不锈钢
C ₆

本类合金因铬、镍含量较高，所以耐蚀性比普通不锈钢更高。可用于处理硫酸、硝酸、磷酸、

混酸、亚硫酸、有机酸、碱、盐溶液、硫化氢等。在某些浓度下，还可用于高温。但不耐浓或热的盐酸、湿的氟、氯、溴、碘、王水等的腐蚀。因为价格较贵，一般由于腐蚀严重的环境以及高温、高速下磨蚀严重的部件，如阀、泵等。不同牌号的钢种由于合金成份略有差异，在个别环境中耐蚀性可能有差别，使用时要注意。

第三讲 有色金属及其合金耐蚀性

工业上钢铁称为黑色金属，除钢铁以外的金属称为有色金属。有色金属及其合金因具有良好的耐腐蚀性和低温性能，常用来制造水处理、化工容器及有关设备零部件。

第一节 铜及其合金

铜及其合金具有高的导电性、导热性、塑性、冷韧性，并且在许多介质中具有高的耐蚀性能。

1. 纯铜

也称紫铜。铜在一般大气、工业大气、海洋性大气中、比较稳定；在碱中、在弱的和中等浓度的非氧化性酸中也相当稳定，若溶液中有氧或氧化剂存在，腐蚀将更加严重。铜不耐硫化物（如 H_2S ）腐蚀。铜具有高的导电性、导热性、塑性和良好的加工性能，另外，铜具有良好的冷韧性。但铜的强度低，铸造性能不好，且在某些介质中的耐蚀性不高，很少用作结构材料。

2. 铜合金

常用的铜合金有黄铜和青铜。

1) 黄铜

铜与锌组成的合金称为黄铜。为改善其性能，常加入锡、铝、硅、镍、锰、铅、铁等元素，这样形成的合金称为特殊黄铜。

特点：机械性能与含锌量有着极为密切的关系；铸造性能很好；抗蚀性较好；含锌量大于 20% 的黄铜经冷加工后，在潮湿的大气、海水、高温高压水、蒸汽及一切含氨的环境中都可引起应力腐蚀断裂。黄铜在中性溶液、海水和在退火后酸洗溶液中易发生脱锌腐蚀，可在黄铜中加入 0.02% 的砷防止其发生。

2) 青铜

凡是铜合金中的主加元素不是锌而是锡、铝、硅等其它元素者，通称为青铜。常用的青铜有锡青铜、铝青铜和硅青铜等。

特点：锡青铜铸造性能较黄铜差，抗腐蚀性比纯铜和黄铜更好，但对酸类的抗蚀性较差。铝青铜的机械性能也比黄铜和锡青铜高，而且在大气、海水、碳酸及大多数有机酸中具有比黄铜和锡青铜更高的耐蚀性。硅青铜具有比锡青铜高的机械性能和较低的价格，而且铸造性能和冷、热压力加工性能都很好。

第二节 铝及其合金

1. 铝

特点：铝的密度小，比重为 2.7，约为铜的 1/3；导电性、导热性、塑性、冷韧性都好，但强度低，经冷变形后强度可提高；能承受各种压力加工。铝是电极电位很负的元素，铝在强氧化性介质以及在氧化性酸（如硝酸）中也是稳定的。卤素离子对铝的氧化膜有破坏作用，所以铝在氢氟酸、盐酸、海水和其它含卤素离子的溶液中是不耐蚀的。

应用：广泛用于制造反应器、热交换器、冷却器、泵、阀、槽车、管件等

2. 铝合金

纯铝的强度较低，若在铝中加入一些元素，如铜、镁、锌、锰、硅等形成铝合金，其性能将会有很大的改善。

第三节 钛及其合金

1. 纯钛

特点：是很活泼的元素。有很好的钝化性能，钝化膜很稳定，在许多环境中表现出很好的耐蚀性。有“耐海水腐蚀之王”之称。高温下，钛的化学活性很高，能与卤素、氧、氮、碳、硫等元素发生剧烈反应。钛一般不发生孔蚀；除在几种个别介质（如发烟硝酸、甲醇溶液）中，也不发生晶间腐蚀；钛的应力腐蚀破裂敏感性小，具有抗腐蚀疲劳的性能，耐缝隙腐蚀性能良好。

2.钛合金

特点：钛合金的机械性能与耐蚀性都比纯钛有明显提高。工业上使用的都是钛合金。钛合金的主要腐蚀形态是氢脆和应力腐蚀破裂。

第四节 镍及其合金

1.镍

特点：在各种温度、任何浓度的碱溶液和各种熔碱中，镍具有特别高的耐蚀性。但镍在含硫气体、浓氨水和强烈充气氨溶液、含氧酸和盐酸等介质中，耐蚀性很差。镍具有高强度、高塑性和冷韧的特性，能压延成很薄的板和拉成细丝。镍很稀贵，在水处理工程和化工上主要用于制造碱性介质设备，以及铁离子在反应过程中会发生催化影响而不能采用不锈钢的那些过程设备。

2.镍合金

Ni-Cu 合金中的蒙乃尔合金具有很好的力学性能和机械性能，易于压力加工和切削加工，耐蚀性好。主要用于在高温荷载下工作的耐蚀零件和设备。Ni-Mo 合金中的哈氏合金（0Cr16Ni57Mo16Fe6W4）能耐室温下所有浓度的盐酸和氢氟酸。Ni-Cr 合金中的因考尔合金（0Cr15Ni57Fe），在高温下具有很好的力学性能和很高的抗氧化能力，是能抗热浓 $MgCl_2$ 腐蚀的少数几种材料之一。