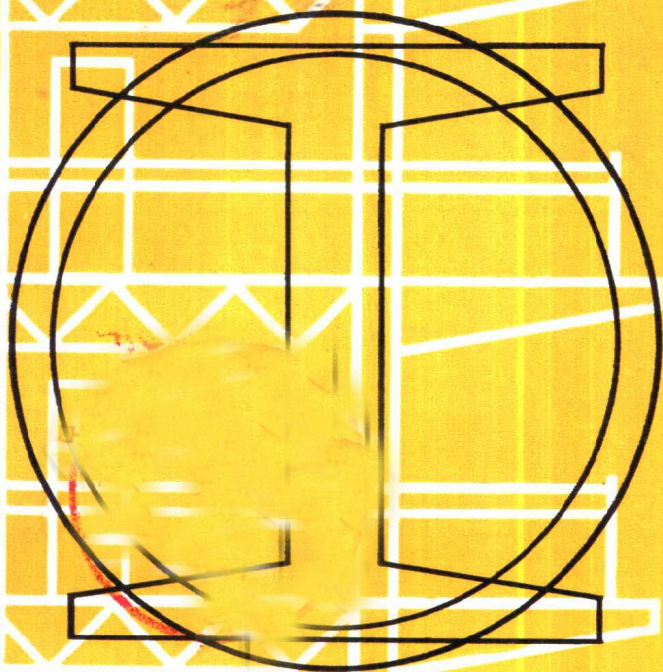


罗 邦 富



JIANZHU

JIEGOU

GANGCAI

建筑结构钢材

中国建筑工业出版社

建筑结构钢材

罗邦富



本书较详细地介绍了建筑结构钢材的种类、规格、性能和用途，并对建筑结构钢材的选择和防腐蚀方法作了扼要的叙述。书中同时介绍了世界各主要国家建筑结构钢材的有关资料，还附有线规表和电焊条及焊剂说明。

本书可供土建工程结构设计、施工人员和科研人员参考，亦可供高等院校土建专业师生阅读。

建筑结构钢材

罗 邦 富

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8³/₄ 字数：194 千字

1981年4月第一版 1981年4月第一次印刷

印数：1—20,100册 定价：0.70元

统一书号：15040·3931

前 言

建筑结构钢材是工程建设中的主要建筑材料，它广泛地应用于工业与民用房屋、桥梁、塔桅、起重机架、闸门、容器等方面的钢结构和钢筋混凝土结构中。

建国以来，我国的钢铁工业有了较大的发展，生产的钢材品种和数量逐年增多，质量也不断提高，初步建立了我国自己的钢铁产品体系。今后在迅速发展的社会主义建设事业中，钢材的用量将日益增多，应用范围也将更加广泛。

随着形势的发展，编写一本适用于土建结构设计、施工、教学、科研人员的建筑结构钢材书籍，是很为必要的。近几年来，在从事《钢结构设计规范》的编制与技术管理工作中，经常遇到各方面的人员前来询问建筑结构钢材的问题，为了满足这些需要，本人总结过去的经验，参阅有关文献，于业余编写了这本书。书中对建筑结构钢材的种类、性能、规格、用途等方面的知识作了较详细的叙述，重点介绍我国生产的建筑结构钢材，同时亦列入日本、美国、英国、法国、西德、苏联六个国家的主要建筑结构钢材的资料，以备应用。

由于本人水平有限，期望读者对书中缺点和错误，提出批评和指正。

罗邦富

1979年9月

目 录

第一章 钢的种类	1
第一节 钢的分类	1
第二节 转炉钢、平炉钢和电炉钢	3
第三节 沸腾钢、镇静钢和半镇静钢	8
第二章 钢的组织结构和铁碳合金状态图	11
第一节 钢的组织结构	11
第二节 铁碳合金状态图	15
第三章 建筑结构钢材的压力加工和热处理	19
第一节 钢材的热压加工	19
第二节 钢材的冷加工	21
第三节 钢材的热处理	23
第四章 建筑结构钢材的性能	31
第一节 钢材的机械性能	31
第二节 钢材的工艺性能	43
第三节 化学成分及对钢材性能的影响	45
第五章 建筑结构钢材的钢号及技术标准	53
第一节 普通碳素结构钢材	53
第二节 优质碳素结构钢钢材	62
第三节 普通低合金钢钢材	67
第四节 桥梁、造船、压力容器和锅炉用钢材	73
第五节 碳素钢铸件	86
第六节 钢轨用钢材	87
第七节 铆钉、高强度螺栓、焊条用钢材	90

第八节	钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构钢材	94
第九节	世界各主要国家建筑结构钢材	100
第六章	建筑结构钢材的品种和规格	173
第一节	型钢	173
第二节	钢板	224
第三节	钢管	235
第四节	钢丝	247
第七章	建筑钢结构对钢材的选择和防腐蚀	252
第一节	建筑钢结构对钢材的选择	252
第二节	建筑钢结构的防腐蚀	257
附录一	线规表	259
附录二	电焊条和焊剂	264
参考文献		271

第一章 钢 的 种 类

第一节 钢 的 分 类

钢的分类方法较多，可按冶炼方法、浇注时脱氧程度、化学成分、成材方法和用途等进行分类，其中以按化学成分和按用途的分类方法应用较为广泛，现将各种分类方法简叙于下。

一、按冶炼方法分类

1. 转炉钢。根据转炉送风口的位置不同，转炉钢可分为：

底吹转炉钢：冶炼时由转炉底部的送风口吹入高压空气。

侧吹转炉钢：冶炼时由转炉侧壁的送风口吹入高压空气。

顶吹转炉钢：冶炼时由转炉顶部的吹氧管吹入高压氧气。

根据炉衬的耐火材料不同，转炉钢又可分为：

酸性转炉钢：炉衬为酸性耐火材料，如硅砂。

碱性转炉钢：炉衬为碱性耐火材料，如镁砂和白云石。

2. 平炉钢。根据炉衬的耐火材料不同，平炉钢可分为酸性平炉钢和碱性平炉钢。

3. 电炉钢。根据炉衬的耐火材料不同，电炉钢可分为酸性电炉钢和碱性电炉钢。

此外，根据电炉的类型不同，电炉钢又可分为电弧炉钢、感应电炉钢、真空感应电炉钢和电渣炉钢。

二、按浇注时脱氧程度分类

根据浇注时脱氧程度不同，钢可分为：

沸腾钢：脱氧很不完全，钢液在钢锭模内结晶时液面有剧烈沸腾现象。

镇静钢：脱氧完全，钢液在钢锭模内结晶时液面比较平静，无沸腾现象。

半镇静钢：脱氧不完全，钢液在钢锭模内结晶时液面有微弱沸腾现象。

三、按化学成分分类

1. 碳素钢。根据钢中的含碳量不同，碳素钢可分为：

低碳钢：碳的含量小于0.25%。

中碳钢：碳的含量为0.25~0.60%。

高碳钢：碳的含量大于0.60%。

根据钢中磷、硫等杂质元素的含量不同，碳素钢可分为：

普通碳素钢：磷、硫的含量分别不大于0.045%和0.055%。

优质碳素钢：磷、硫的含量分别不大于0.040%和0.045%。

高级优质碳素钢：磷、硫的含量分别不大于0.030%和0.035%。

2. 合金钢。根据钢中合金元素的含量不同，合金钢可分为：

低合金钢：合金元素总含量小于5%。

中合金钢：合金元素总含量为5~10%。

高合金钢：合金元素总含量大于10%。

根据钢中磷、硫等杂质元素的含量不同,合金钢可分为:
普通低合金钢:磷、硫的含量均不大于0.050%。

优质合金钢:磷、硫的含量均不大于0.040%。

高级优质合金钢:磷、硫的含量均不大于0.030%。

四、按成材方法分类

钢可分为轧制钢(或称压轧钢)、锻钢、铸钢和冷拔钢。

五、按用途分类

1.结构钢。有碳素结构钢和合金结构钢之分。根据用途不同,结构钢又可分为:

工程结构用钢:亦称建筑结构用钢,用于建造房屋、塔桅、起重机械、闸门、桥梁、船舶、锅炉、压力容器、平台等结构。这类结构都承受各种外力,要求钢材具有一定的强度、塑性和冲击韧性,同时这类结构通常要经过焊接施工,所以含碳量不应太高,钢材多在热轧或正火状态下供货。

机械用钢:用于制造机器或机械零件的钢,这类钢往往要经过渗碳或调质后才能使用。机械用钢包括弹簧钢和轴承钢,不过因其含碳量比较高,而且有专门用途,故亦可将其单独分列一类。

2.工具钢。有碳素工具钢和合金工具钢之分。根据具体的用途不同,工具钢又可分为刃具钢、量具钢和模具钢。

3.特殊钢。这类钢具有特殊的物理、化学或机械性能。如不锈钢、耐热钢、耐酸钢、耐磨钢和磁性钢等。

第二节 转炉钢、平炉钢和电炉钢

一、转炉钢

它是利用高压空气或高压氧气把铁水中的碳、硅、锰、

磷、硫等元素氧化，发生高热而使铁水变成钢水。由于吹入的高压空气或氧气与金属液有较大的接触面积，故炉内化学反应剧烈，元素氧化的速度很快，吹炼时间短，生产效率高。转炉按其送风口的位置不同，可分为底吹、侧吹、顶吹三种（图1），其冶炼的钢分别为底吹转炉钢、侧吹转炉钢、顶吹转炉钢，兹分述于下：

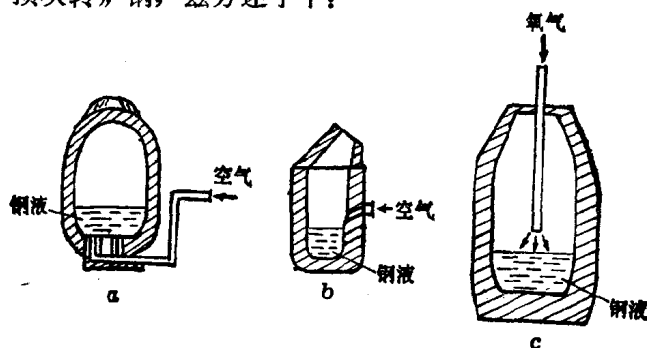


图1 转炉构造

a—底吹转炉；b—侧吹转炉；c—顶吹转炉

1. 底吹转炉钢：冶炼时高压空气由转炉底部的送风口吹入，故此方法冶炼的钢称为底吹转炉钢。按照炉衬所用耐火材料的性质不同，又可分为底吹酸性转炉钢和底吹碱性转炉钢两种。底吹酸性转炉钢是英国人贝氏麦于1855年首先炼成，故又称贝氏麦钢。碱性转炉钢是托马斯于1879年首先炼成，故又称托马斯钢。由于底吹酸性转炉不能除去磷、硫，要求原料的磷、硫含量很低，入炉的炉料质量较严，故各国多采用入炉原料较广的底吹碱性转炉来冶炼，但底吹碱性转炉钢的质量不如底吹酸性转炉钢。底吹转炉钢中含有较多的氮、氧、磷、硫等夹杂物，其钢材的冲击值低，时效敏感性大，塑性差，焊接性能不佳，故这种钢只能用于一些不重要

的非焊接结构中。我国不生产这类钢。

2.侧吹转炉钢：是继底吹转炉钢后发展起来的转炉钢。高压空气从转炉的侧壁送风口吹入，故此种方法冶炼的钢称为侧吹转炉钢。按炉衬的耐火材料不同，又可分为侧吹酸性转炉钢和侧吹碱性转炉钢两种。侧吹转炉钢中的氮、氢、磷、硫等夹杂物低于底吹转炉钢，但高于平炉钢，故其只能用于一般不受动力荷载的焊接结构中。侧吹转炉钢只有我国小型钢铁厂冶炼，目前这些小型钢铁厂亦逐步改为冶炼氧气顶吹转炉钢。

3.氧气顶吹转炉钢：这种钢是1952年后发展起来的，与前面两种转炉钢的冶炼方法不同。冶炼时高压氧气由吹氧管伸入炉内，由于吹氧管是从炉顶伸入，故此种方法冶炼的钢称为氧气顶吹转炉钢。这种钢的氮、氢、磷、硫等有害元素和夹杂物少，纯度高，钢材的质量和加工性能都不低于平炉钢。氧气转炉既能冶炼碳素钢，亦能冶炼一般合金钢，是目前世界各国钢铁发展的方向，转炉的容量亦逐步加大（目前已达300~400吨），生产效率甚高，成本低，氧气转炉钢的质量基本上与平炉钢媲美，各种结构都能使用。

二、平炉钢

这种钢是利用拱形炉顶的反射原理的平炉中（图2），用煤气或其他燃料燃烧

供给热能，把含碳量少的废钢和含碳量高的生铁（或铁水）炼成含碳量适中的钢。平炉钢首先是1840~1865年法国马丁

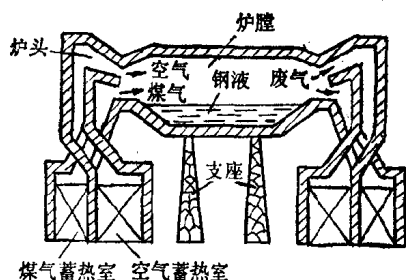


图2 平炉构造

等人冶炼成功，故亦称马丁炉钢。平炉的特点是原料广泛、容积大、产量高、冶炼工艺比较简单，钢的质量比较稳定，能冶炼各种用途的钢。根据炉衬耐火材料的不同，又可分为酸性平炉钢和碱性平炉钢两种。酸性平炉钢由于不能除去磷、硫，要求入炉的炉料对磷、硫的含量限制严格，冶炼时间亦长，生产效率低，钢的成本亦较高，但钢的质量较好，在各国除冶炼特殊重要用途的钢外，一般都采用碱性平炉来冶炼。平炉钢由于质量比较优良，广泛地用于各种结构中。

三、电炉钢

这种钢是利用电热原理冶炼的，炼钢时所用的原料是废钢、生铁和熟铁等。电炉炼钢的特点是钢液不和空气、煤气、氧气、焦碳等燃烧火焰接触，清除杂质较易，钢的品质最高，但需要大量的电力，成本高，故只用来冶炼特种用途

的合金钢，一般不用于建筑结构上。

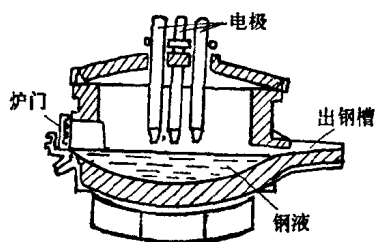


图 3 电弧炉构造

电炉钢根据电炉的类型不同可分为电弧炉钢、感应电炉钢、真空感应电炉钢和电渣炉钢，在工业上主要是用电弧炉钢（图 3）。

电炉钢按溶池所用的耐火材料不同，可分为酸性电炉钢和碱性电炉钢两种，目前大多采用碱性电弧炉钢。

四、转炉钢、平炉钢、电炉钢的比较

这三种钢的性能比较见表 1。

转炉钢、平炉钢、电炉钢的性能比较

表 1

钢 种 比较项目	转 炉 钢			碱性平炉钢	碱性电炉钢
	底吹酸性转炉钢	侧吹碱性转炉钢	氧气顶吹转炉钢		
有害气体	氮 0.011~0.025	0.003~0.008	0.001~0.003	0.002~0.006	0.008~0.010
	氧 0.04~0.10	0.033~0.067	0.02~0.04	0.02~0.04	0.01~0.02
	氢 0.0004~0.0007	0.00018~0.00054	0.0001~0.0003	0.0002~0.0006	0.0002~0.0006
夹杂物	较多	多次	较少	较少	最少
焊接性	最差	较差	较好	较好	最好
性质	差	较差	较好	较好	最好
性能	最低	低	高	较高	最高
用途	不受动力荷载 的非焊接结构	一般结构	重要结构	重要结构	特殊用途
成本	低	较低	较低	较高	最高

第三节 沸腾钢、镇静钢和半镇静钢

一、沸腾钢

熔炼的钢液如在炉中或在盛钢桶中仅用弱的脱氧剂锰铁进行脱氧，在浇注时钢液中仍保留有相当多的氧化铁，则与其中的碳相互作用而形成一氧化碳气体逸出，引起钢液的剧烈沸腾，故称为沸腾钢。沸腾钢生产周期短，消耗的脱氧剂和耐火材料少，钢锭切头率低（5~8%），钢材成品率高，生产成本便宜，是大批量生产的钢种之一。但和镇静钢相比较，则钢锭的化学成分偏析较大，成分不够均匀，钢的内部结晶较差，含有较多的氧化物（FeO型）夹杂，且氮主要以原子游离状态存在，组织不够致密，气泡较多，钢材的冲击值较低，特别是抗疲劳、时效、冷脆性能较差。

二、镇静钢

熔炼的钢液如在炉中或在盛钢桶中用必要数量的硅、锰、铝或其他脱氧剂进行彻底脱氧，保证钢液在浇注凝固时比较镇静，这种钢称为镇静钢。镇静钢的优点是化学成分比较均匀，含有害氧化物（FeO型）夹杂少，氮多半以氮化物的形式存在，组织密实，机械性能好，尤其是钢材的时效倾向性小，冲击值高，低温冷脆的敏感性小，是较好的钢种。其缺点是生产效率较低，切头率高（约15~20%），成本高于沸腾钢（约高10~15%）。

三、半镇静钢

钢液在炉中或在盛钢桶中脱氧时，所用的脱氧剂（硅和铝）有限，因而钢液在浇注时有着微弱的沸腾，析出的气体比沸腾钢少，比镇静钢多，介乎沸腾钢与镇静钢之间，故称

为半镇静钢。半镇静钢的成品收得率接近于沸腾钢，而钢材的机械性能优于沸腾钢，接近于镇静钢，是值得推广的钢种。

四、沸腾钢、镇静钢和半镇静钢的比较

这三种钢在冶炼方法上并无显著的区别，只是在脱氧程度上有所不同，三者的化学成分除硅、锰含量外完全相同。主要机械性能如抗拉强度、屈服点、伸长率亦几乎完全一致，而冲击韧性、时效、冷脆性能则有较大的差别，其中沸腾钢最差，镇静钢最好，半镇静钢则次之，特别是沸腾钢的化学成分偏析较大，钢材的机械性能不够稳定，硫、磷的局部集中容易产生热裂纹和冷脆的缺陷。现将碱性平炉生产的普通3号沸腾钢、镇静钢和半镇静钢的性能比较列于表2。

沸腾钢、半镇静钢和镇静钢的比较

表 2

比 较 项 目			沸 腾 钢	半 镇 静 钢	镇 静 钢
化学 成分 (%)	碳		0.14~0.22	0.14~0.22	0.14~0.22
	磷		≤0.045	≤0.045	≤0.045
	硫		≤0.055	≤0.055	≤0.055
	硅		≤0.07	≤0.17	0.12~0.30
	锰		0.30~0.60	0.40~0.65	0.40~0.65
	铝		无	较小	较多
机 械 性 能	屈 服 点 (公斤/毫米 ²)	第 1 组	24	24	24
		第 2 组	22	23	23
		第 3 组	21	22	22
	冲 击 值 (公斤-米/厘米 ²)	20°C冲击值	一般不保证	7~10	7~10
		-20°C冲击值	不 保 证	3	3
		时效冲击值	不 保 证	较差	较好

续表

比较项目		钢种	沸腾钢	半镇静钢	镇静钢
机械性能	伸 长 率	δ_5	26	26	26
	(%)	δ_{10}	22	22	22
其他性能	焊接性能		较差	较好	最好
	冷脆临界温度(°C)		-20~-30	-25~-45	-30~-60
	钢材表面质量		较好	较差	较差
	疲劳性能		低	较低	高
	钢材成品收得率(%)		92~95	90~93	70~80
	钢材用途		一般结构	较重要结构	重要结构

第二章 钢的组织结构和铁碳合金状态图

第一节 钢的组织结构

钢铁的内部组织只能在显微镜下看到，这种组织称为显微组织，在显微组织中钢铁是由许多微小的颗粒所组成，这些小颗粒称为晶粒，它们的交界处称为晶粒边界或简称晶界。

图4为纯铁的显微组织，从图中可以看出晶粒与晶界十分清楚，晶粒的内部较为明亮，而晶界则呈黑色。每一晶粒内部原子按一定类型的规律性排列，而晶界的原子则排列秩序比较差，缺陷较多，此外杂质亦较多。

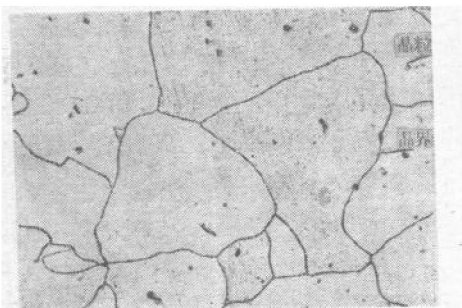


图4 纯铁的显微组织

钢铁是铁和碳组成的合金，由于含碳量不同和合金所处的温度不同，铁和碳的原子在晶粒内部排列的规律也就不