

# 用 鋼

## 第 二 分 册

(炭素結構鋼,低合金高强度鋼,专业用鋼)

## 初 稿

戚墅堰機車車輛工艺研究所  
铁道科学研究所金属及化学研究所 合 編

一 九 六 二 年 八 月

42.4

# 机 車 車 輛 用 鋼

## 第 二 分 册

### 引 言

繼“机車車輛用鋼——第一分册”（內燃机車用合金鋼初稿）之后，我們編写了第二分册。第二分册的內容包括下列五部份：（一）机車車輛用炭素結構鋼的品种及用量；（二）普通炭素結構鋼；（三）优质炭素結構鋼；（四）低合金高强度鋼；（五）机車車輛专业用鋼。

本册系以炭素結構鋼为主要內容。因为它是机車車輛上經常使用，而且消耗量最大的鋼类。許多铁路員工在日常工作中常常碰到需要了解某鋼种的性能指标、热处理规范、材料选用等各种問題，往往手边缺乏一种便于查閱的完整資料。我們便应这一要求，参考有关文献資料，結合机車車輛上特殊用途，对以型钢、条鋼、鋼板供应的机車車輛上常用的炭素結構鋼有关性能数据在本册一、二、三章中作了詳細敘述。另外，关于铁道部頒标准所规定的专业用鋼，則列入第五章中。

同时，考虑到我国冶金工业发展的趋势，机車車輛发展的要求，虽然某些鋼种在我国机車車輛上目前尚未大量使用，也作了必要的介紹。例如，在第二章中将轉炉鋼与沸腾鋼作了概括性介紹，供今后选材的参考。在第四章中尽可能編入了目前搜集到的低合金高强度鋼在机車車輛上应用的有关資料。虽然，目前我国机車車輛制造中尚未大量采用低合金高强度鋼，但根据国外的发展状况看来，这是有发展前途的鋼类。

編写过程中，由于資料的缺乏，水平的限制，特别是某些鋼标准尚处于修訂阶段。因此，不当之处，希讀者提出意见，以便再版时进行修改。

自編写“机車車輛用鋼”以来，得到部科委茅以新主任的鼓励，以及铁道科学研究院，戚墅堰机車車輛工艺研究所領導的重視，王道年所长，鍾仰岭所长还审阅了稿件并提出了宝贵的意见，戚所二室郭維汉主任給予經常的关心指导，第二分册才得以迅速的完成与大家见面，在此致以深深的謝意。

# 目 录

引 言	
第一章 機車車輛用炭素結構鋼的品種及用量	1
第二章 普通炭素結構鋼	4
2—1 鎮靜鋼，半鎮靜鋼及沸騰鋼	5
2—2 平爐鋼與轉爐鋼	5
2—3 國產的普通炭素結構鋼	6
2—4 普通炭素結構鋼的機械性能	11
2—5 普通炭素結構鋼在機車車輛上的實際應用	15
第三章 優質炭素結構鋼	17
3—1 10號鋼	18
3—2 15號鋼	22
3—3 20號鋼	28
3—4 30號鋼	31
3—5 35號鋼	35
3—6 40號鋼	39
3—7 45號鋼	43
3—8 50號鋼	48
3—9 65號鋼	52
3—10 85號鋼	55
第四章 低合金高強度鋼	56
4—1 化學成份與機械性能	56
4—2 缺口韌性	65
4—3 耐腐蝕性能	72
4—4 焊接性能及冷，熱成型性能	75
4—5 國外機車車輛採用的低合金高強度鋼	76
4—6 建議我國機車車輛採用的低合金高強度鋼	82
第五章 機車車輛專業用鋼	85
5—1 鍋爐用鋼	86
5—2 車軸用鋼	89
5—3 車輪用鋼	92
5—4 彈簧用鋼	98
5—5 鑄 鋼	105

# 第一章

## 机車車輛用炭素結構鋼的品種及用量

在机車車輛制造中，以炭素鋼用量最大，且品种多，规格多，是制造机車車輛的基本金属材料。不但制造蒸汽机車及車輛如此，制造新型机車如內燃机車、电力机車亦然。

炭素鋼用以制造鍋炉、車軸、車輪、弹簧、鑄鋼件等占很大比重，这部份列为鐵路专业用鋼。而以热轧的型钢、条鋼、鋼板及宽扁鋼供应，用以制造机車車輛結構的材料通称炭素結構鋼。炭素結構鋼又分为普通炭素結構鋼与优质炭素結構鋼两类。

为了了解我国主型机車車輛所用炭素結構鋼的品种及用量，进行了表1~3的統計。統計数字系根据1961年10月份铁道部机車車輛工厂总局頒发的“新造机車車輛材料消耗定額”，按鋼号进行累計。

統計表的統計数字指出：

1. 机車車輛使用的炭素結構鋼的牌号很多，达19种。其中有9种属于普通炭素結構鋼，即A0、A1、A2、A3、A5、B0、B2、B3、B5；属于优质炭素結構鋼的牌号是10、15、20、30、35、40、45、50、65、85等10种。

2. 使用的普通炭素結構鋼中以A3、A5、B0、B3等鋼号用量較大，而又以A3用量最多。

3. 使用的优质炭素結構鋼中以15、30、50、65等鋼号用量极少，以20、35、40、45号鋼用量較大。貨运車輛上全部未使用优质炭素結構鋼。

此外，还使用了一部份鋼管，用于制造壓縮空气管道与蒸汽管道等。至于制造鍋炉用无縫鋼管則列入专业用鋼一章中加以敘述。

表1 机車用炭素結構鋼的品種及用量統計（公斤）

序号	鋼号	人民型	和平型	建設型	上游型	跃进型	工建型	巨龙型	韶山型	80吨 电力机車
1	A <sub>2</sub> (尤 <sub>2</sub> )	2394	1913	1897	1619	1434	484	—	—	—
2	A <sub>3</sub> (尤 <sub>3</sub> )	28015	26777	26059	22936	21414	9469	25928	48575	47294
3	A <sub>5</sub> (尤 <sub>5</sub> )	3989	12316	10369	7921	7687	2763	415	729	408
4	B <sub>0</sub> (尤 <sub>0</sub> )	7628	12044	6857	4834	2170	4008	8938	981	422

5	B <sub>5</sub> (女尤 <sub>5</sub> )	151	—	—	—	—	—	—	—	—
6	10	13	82	—	—	—	—	601	68	141
7	15	1	8	8	8	—	—	—	—	—
8	20	20	38	25	23	—	—	10113	—	—
9	30	—	1	—	1	—	—	—	—	—
10	35	26	128	29	8	21	—	—	1	—
11	40	1364	3074	2193	1541	420	264	1947	—	143
12	45	2029	1134	942	560	16	574	1591	825	191
13	50	5	—	—	—	23	11	—	15	—
14	65	1	—	—	—	—	10	—	—	—
15	85	6	30	—	14	—	61	2	—	—
16	一般无縫鋼管 (10pocT301-50)	189	300	168	122	—	80	258	57	—
17	一般无縫鋼管 (10pocT399-46)	369	607	275	235	55	147	194	62	22
18	一般无縫鋼管 (10pocT377-46)	45	215	80	1	15	—	90	477	231
19	加强无縫鋼管	—	—	—	—	—	—	—	376	—
20	接縫鋼管	791	1011	610	6303	360	1017	1299	194	—
21	加强接縫鋼管	—	—	—	—	—	161	—	—	—
22	鍍鋅鋼管	—	—	—	—	—	—	54	—	—

表 2 客运車輛用炭素結構鋼的品種及用量統計 (公斤)

序号	鋼 号	硬座22	硬座23	硬臥 22	軟臥 22	餐車 22	行李車 21
1	A <sub>2</sub> (尤 <sub>2</sub> )	—	—	29	69	71	95
2	A <sub>3</sub> (尤 <sub>3</sub> )	23754	23754	18716	21742	20194	15944
3	A <sub>5</sub> (尤 <sub>5</sub> )	1	1	152	245	243	—
4	P <sub>0</sub> (女尤 <sub>0</sub> )	1	1	—	—	—	—
5	B <sub>3</sub> (女尤 <sub>3</sub> )	2985	2985	7632	4143	9596	6026
6	20	—	—	—	2072	—	—



## 第二章

### 普通炭素結構鋼

機車車輛上广泛使用热軋状态下供应的普通炭素結構鋼，即是热軋后一般不經热处理或不經冷軋即行使用的鋼材。它的含炭量大都在 0.25% 以下。由于这类鋼材的价格低且成型性、鐸接性及切削加工性都很良好，因此它不仅是鐵道機車車輛及桥樑上大量使用的鋼材，而且也广泛使用于造船工业、汽車拖拉机制造业、建筑业、化学工业等部門。

鋼以平炉、碱性側吹轉炉或酸性側吹轉炉炼制，浇成鎮靜鋼、半鎮靜鋼或沸騰鋼。軋制的鋼材有型鋼（工字鋼、槽鋼、角鋼）、条鋼（元鋼、方鋼、六角鋼）、鋼板及寬扁鋼。我国機車車輛目前使用的基本上是以平炉冶炼的鎮靜鋼軋制的鋼材。例如：工字鋼用以制造車輛中樑，槽鋼制造車輛边樑，角鋼制造車輛側柱，板鋼制造車輛的底板、側板及頂板，条鋼制造制动拉杆等。

我国機車車輛制造工业計使用了九个牌号的普通炭素結構鋼。即：A<sub>0</sub>、A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>5</sub>、B<sub>0</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>5</sub>，其中用量最大的是 A<sub>3</sub> 鋼（尤3）。例如：機車上用的普通炭素結構鋼中 A<sub>3</sub> 鋼就占了 50% 以上，貨車及客車上使用的普通炭素結構鋼几乎全部是 A<sub>3</sub> 鋼。各型機車車輛使用的普通炭素結構鋼的数量参见表 4。

表 4 各型機車車輛使用的普通炭素結構鋼的数量統計〔1〕

車 种	普通炭素結構鋼 总用量（吨）	A <sub>3</sub> 鋼 用 量 （吨）	A <sub>3</sub> 鋼占普通炭素結構 鋼总用量的百分数，%
建設型機車	44.2	26.1	51
人民型機車	42.2	28.0	52
巨龙型機車	35.3	25.9	73
韶山型機車	50.3	48.5	96
C50 敞 車	7.9	7.8	99
P13 棚 車	6.9	6.4	93
硬座22(或23)客車	26.7	23.7	90

从这里可以看出 A<sub>3</sub> 鋼是制造機車車輛最主要的材料。因此，为了全面了解普通炭素結構鋼將分节全面加以敘述，其中还将重点介紹 A<sub>3</sub> 鋼的性能。

## § 2—1 鎮靜鋼、半鎮靜鋼及沸騰鋼

在鋼的生產過程中，由於在鑄錠前與鑄錠時所控制的鋼液中含氧量的程度不同，從而使得鋼具有不同的密致性、化學成份均勻性、冷脆性及表面質量。因此，按脫氧操作的不同，鋼可分為鎮靜鋼，半鎮靜鋼與沸騰鋼。

鎮靜鋼系鑄錠前鋼液經過鋁，矽或者兩者作為脫氧劑使得鋼液充分脫氧的鋼。它具有最小程度的化學成份偏析和均勻的機械性能。但由於鋼錠的縮管較長，切頭切尾率較大（約20%），因此，價格較高。它是我國機車車輛製造中現行使用的鋼類。

至於沸騰鋼則是鑄錠時鋼液未經脫氧處理，鋼液注入錠模後鋼液中炭和氧發生反應，使得鋼錠產生大量氣泡，熱軋過程中氣泡可以焊合。它的縮管很短，故鋼錠的切頭切尾率低（約4%），同時由於沸騰鋼的熔煉及澆注時間短，可節省脫氧劑，且錠表面質量優良，價格較鎮靜鋼為低等優點，故在民用建築上得到廣泛應用。它僅限於生產 $<0.25\%C$ 的鋼。另一方面，由於沸騰鋼錠頭部上漲嚴重，錠心集中大量氣孔，蜂窩氣孔集中鋼錠表面，健康層薄；鋼錠的低倍偏析，使得表皮與中心，上部與下部的化學成份相差很大，如鋼錠的上部沿中心綫從上算起約25~30%左右是正偏析最嚴重的地區，炭可達到500%，磷可達300%，硫可達800%甚至更多，而在鋼錠下部和邊緣卻呈現負偏析。這些缺陷的存在使得鋼坯收得率降低，表面質量惡化，鋼材產生夾層，其機械性能極不均勻。雖然為減輕沸騰鋼的偏析進行過很多工作，但對克服其根本缺點尚未見很大成效〔2~4〕。在機械性能和工藝性能方面，沸騰鋼對機械時效，熱時效，冷脆傾向都較為敏感，且可銲性較差。因此，這種鋼僅限於用在輕負荷的構件，對於高溫高壓蒸汽鍋爐、銲接容器及低溫下使用的構件等均限制其使用。雖然沸騰鋼不能用來製造機車車輛上的重要部件，但由於它的價格便宜，某些受力很小的構件仍宜加以考慮。

半鎮靜鋼的生產是脫氧程度較鎮靜鋼為小，它的切頭切尾率較鎮靜鋼略小（約15~20%），冶煉與澆注過程比沸騰鋼容易，價格便宜，機械性能解於沸騰鋼與鎮靜鋼之間，英、美等國應用於製造機車板車架、貨車構架、火箱鋼板等〔5~6〕。

## § 2—2 平爐鋼與轉爐鋼

我國機車車輛目前使用的熱軋鋼材均為平爐鎮靜鋼。對於轉爐鋼能否在我國機車車輛工業上得到廣泛的應用尚處於議論之中。現對轉爐鋼的性能、發展及與平爐鋼性能的對比加以敘述，可有助於今後選用鋼材的參考。

眾所周知，轉爐鋼中有害雜質和非金屬夾雜物較多，含氮量也較高，因此轉爐鋼具有一系列不良性質。如冷脆性較高，易於失去韌性和范性；在加工硬化後時效過程中冷脆性增高，銲接時易產生裂紋，所以使用過程中的可靠性較差，即是它產生裂紋和斷裂的可能性較高，特別是受到衝擊和低溫使用時為然，這就使得使用部門已牢固地造成了盡量不用轉爐鋼的趨勢，特別是不用在重要的結構上。但國外如英國、波蘭、蘇聯過去也應用轉爐鋼來軋制鐵路用鋼軌、薄板、帶鋼、由於含氮高，且提高了鋼軌的耐磨性〔5~7〕。還應指出，轉爐鋼尚有比平爐鋼的屈服點高的優點。



随着近年来世界各国轉炉冶炼技术的发展，特别是第二次世界大战以后氧气頂吹轉炉炼鋼法与旋轉式轉炉炼鋼法的出现和被有些国家大量采用〔8~10〕，轉炉鋼质量有了很大提高。这两种方法都是碱性炉衬。

氧气頂吹轉炉炼鋼法更适宜于低磷平炉生鉄，为了使鋼材的含氮量在0.01%以下，使用的氧气純度应在98%以上。产品以低炭沸騰鋼为主，含炭至0.25%的半鎮靜鋼錠及鎮靜鋼錠也能生产。氧气頂吹轉炉鋼的含氮量为0.002~0.006%，与平炉鋼相同或低于平炉鋼。硫的情况与采用同种生鉄炼的平炉鋼比較，氧气頂吹轉炉鋼含硫較低。由于这种方法的炉溫很高，碱性炉渣生成得較早，結果脫硫脫磷效果良好，磷和硫含量均在0.04%以下。由于这种方法得到純度較高的鋼水，同时高溫出鋼及高溫鑄錠都比較方便，所以能改善鋼的流动性，从而鋼錠的偏析、非金属夹杂物都很少。經過实践证明其质量完全可与平炉鋼相比。

旋轉式轉炉吹氧炼鋼法是吹炼过程中，炉体連續旋轉，使得熔池有良好的搅拌作用，从而可克服前述方法的缺点，如吹氧区域熔池溫度局部地强烈增加，引起鉄的很大程度的气化，以及由于缺乏搅拌的結果，也难于使带入渣中的鉄降低，这在精炼高磷生鉄时尤甚。因此这一种方法最显著的优点是适合高磷生鉄的吹炼。这种方法生产的鋼的回收率很高，約92%。含硫通常亦很低，所用生鉄含硫量为0.06%，得到的鋼中含硫量便約0.01~0.015%，这就使得鋼具有較好的可鍛性；且由于偏析和夹杂少，改进了鋼的橫向性能和均匀性；磷含量亦很低，因为这种方法的特点，是磷的氧化快于炭的氧化，在采用成分为3.5%C，1.8~2.0%P、0.2~0.3%Si，0.1%V的高磷生鉄，吹炼至炭含量降至0.5%时，磷已降至0.025%，这就使得鋼不傾向于冷脆，鋼的含氮量非常之低，随着鼓入氧的条件而变，如用97%的純氧时，氮含量約为0.002%，这就改善了鋼的深冲性能和降低时效傾向；在吹炼終点时鋼中的低含氧量，給以良好的脫氧起点和較清潔的鋼。已証明鋼的质量与同类平炉鋼或电炉鋼一样优良。

我国解放以来对轉炉鋼的生产一直予以极大重視，特别是解放后对側吹碱性轉炉的試驗研究成功，对于利用資源，降低轉炉鋼中的磷、硫含量均有其重要作用。但现行生产的轉炉鋼的氮含量比平炉鋼高，碱性轉炉鋼又比酸性轉炉鋼高，这就使得它的应变时效、应变硬化、藍脆及低溫性能降低。因此，目前我国生产的轉炉鋼在机車車輛重要部件上应用尚存在問題，但用来制造机車車輛上許多受力很小，不影响安全的构件，如：車輛側柱、門窗构件，网紋鋼板等还是可能的。今后随着我国氧气頂吹轉炉及旋轉式轉炉的采用，轉炉鋼在机車車輛上各种重要部件上应用的問題，当会引起重視和研究使用。

### § 2—3 国产的普通炭素結構鋼

我国生产的普通炭素結構鋼，按照鋼的用途和保証性能分为两类：

甲类鋼 按机械性質供应的鋼（平炉鋼A0、A0F、A1、A1F、A2、A2F、A3、A3F、A4、A4F、A5、A6、A7；側吹碱性轉炉鋼AJ0、AJ0F、AJ2、AJ2F、AJ3、AJ3F、AJ4、AJ4F、AJ5、AJ6、AJ7；側吹酸性轉炉鋼AS0、AS0F、AS3、AS3F、AS4、AS4F、AS5、AS6）。

**乙类鋼** 按化学成份供应的鋼（平炉鋼 B0、B0F、B1、B1F、B2、B2F、B3、B3F、B4、B4F、B5、B6、B7；側吹碱性轉炉鋼 BJ0、BJ0F、BJ2、BJ2F、BJ3、BJ3F、BJ4、BJ4F、BJ5、BJ6、BJ7；側吹酸性轉炉鋼 BS0、BS0F、BS3、BS3F、BS4、BS4F、BS5、BS6）。

**特类鋼** 按机械性質及有化学成份补充要求供应的鋼（碱性平炉鋼 C2、C2F、C3、C3F、C4、C4F、C5；側吹碱性轉炉鋼 CJ2、CJ2F、CJ3、CJ3F、CJ4、CJ4F、CJ5）。

各种鋼号的化学成份及其机械性能列于表 5，表 6。

表 5 普通炭素結構鋼的化学成份

炉种	鋼号順序	鋼号			化 学 成 份 %				
		甲类鋼	乙类鋼	丙类鋼	碳	硅	錳	磷	硫
								不大于	
碱性平炉鋼	0	A0 *	B0 *	—	≤0.23	—	—	0.070	0.060
		A0F	B0F	—	≤0.23	—	—	0.070	0.060
	1	A1 *	B1	—	0.06~0.12	0.12~0.30	0.25~0.50	0.045	0.055
		A1F	B1F	—	"	≤0.05	"	0.045	0.055
	2	A2 *	B2 *	C2	0.09~0.15	0.12~0.30	0.25~0.50	"	"
		A2F	B2F	C2F	"	≤0.07	"	"	"
	3	A3 *	B3 *	C3	0.14~0.22	0.12~0.30	0.40~0.65	"	"
		A3F	B3F	C3F	"	≤0.07	0.30~0.60	"	"
	4	A4	B4	C4	0.18~0.27	0.12~0.30	0.40~0.70	"	"
		A4F	B4F	C4F	"	≤0.07	"	"	"
	5	A5 *	B5 *	C5	0.28~0.37	0.15~0.35	0.50~0.80	"	"
	6	A6	B6	—	0.38~0.49	"	"	"	"
	7	A7	B7	—	0.50~0.62	"	"	"	"
	側吹碱性	0	AJ0	BJ0	—	≤0.22	—	—	0.070
AJ0F			BJ0F	—	"	—	—	"	0.060
2		AJ2	BJ2	CJ2	0.06~0.12	0.10~0.30	0.25~0.55	0.045	0.055
		AJ2F	BJ2F	CJ2F	"	≤0.07	0.25~0.55	"	"
3		AJ3	BJ3	CJ3	0.10~0.20	0.10~0.30	0.30~0.60	"	"
		AJ3F	BJ3F	CJ3F	"	≤0.07	"	"	"

碱性 轉 爐 鋼	4	AJ4	BJ4	CJ4	0.16~0.26	0.10~0.35	0.30~0.70	0.045	0.055
		AJ4F	BJ4F	CJ4F	0.16~0.26	≤0.07	"	"	"
	5	AJ5	BJ5	CJ5	0.24~0.37	0.12~0.35	0.50~0.80	"	"
	6	AJ6	BJ6	—	0.37~0.50	"	0.50~0.80	"	"
7	AJ7	BJ7	—	0.50~0.62	"	"	"	"	
側 吹 酸 性 轉 爐 鋼	0	AS0	BS0	—	≤0.16	—	—	0.090	0.070
		AS0F	BS0F	—	"	—	—	0.090	0.070
	3	AS3	BS3	—	≤0.14	0.12~0.35	0.25~0.55	0.085	0.065
		AS3F	BS3F	—	"	≤0.07	"	"	0.065
	4	AS4	BS4	—	0.12~0.22	0.12~0.35	0.35~0.55	"	0.065
		AS4F	BS4F	—	"	≤0.07	"	"	0.065
5	AS5	BS5	—	0.17~0.32	0.12~0.35	0.50~0.80	"	0.065	
6	AS6	BS6	—	0.26~0.40	0.12~0.35	0.60~0.90	"	0.065	

- 註1. A (相当于尤、G) 碱性平炉甲类鋼  
 B (相当于又尤、P) 碱性平炉乙类鋼  
 C (GP) 碱性平炉丙类鋼  
 AJ (JG) 側吹碱性轉爐甲类鋼  
 BJ (J) " 乙 "  
 CJ (GJ) " 特 "  
 AS (SG) 側吹酸性轉爐甲类鋼  
 BS (S) " 乙 "  
 F 沸騰鋼

註2. 表中鋼号如果为半鎮靜鋼，則鋼号末位加“b”、例如：碱性平炉3号半鎮靜鋼的符号为“A3b”“B3b”等。

註3. 半鎮靜鋼含硅量不大于0.17%。

註4. 鋼中含磷量不大于0.08%。

註5. 平炉3号、4号鋼的含錳量，当制造厚度≤12毫米的鋼材时允許較表1降低0.10% (絕對值)。

註6. 目前机車車輛制造中常用的鋼号均标上“\*”的記号。

表6 普通炭素鋼經热加工后的机械性能

鋼 号 順 序	鋼 号					机 械 性 质						
	碱 性 平 炉 鋼		側 吹 碱 性 轉 炉 鋼		側 吹 酸 性 轉 炉 鋼	屈服点 <sup>6s</sup> 公斤/毫米 <sup>2</sup> 不小于			抗拉强度  6b 公斤/毫米 <sup>2</sup>	伸长率 %		180°冷弯 試驗 d=弯心 直径 a=試样 厚度
	甲类鋼	特类鋼	甲类鋼	特类鋼	甲类鋼	按尺寸分組				δ <sub>5</sub>	δ <sub>10</sub>	
						第1組	第2組	第3組				
0	A <sub>0</sub> A <sub>0</sub> F	—	AJ <sub>0</sub> AJ <sub>0</sub> F	—	AS <sub>0</sub> AS <sub>0</sub> F	—	—	—	≥32	22	18	d=2a
1	A <sub>1</sub> A <sub>1</sub> F	—	—	—	—	—	—	—	32~40	33	28	d=0
2	A <sub>2</sub> A <sub>2</sub> F	C <sub>2</sub> C <sub>2</sub> F	AJ <sub>2</sub> AJ <sub>2</sub> F	CJ <sub>2</sub> CJ <sub>2</sub> F	—	22	20	19	34~42	31	26	d=0
3	A <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	AJ <sub>3</sub>	CJ <sub>3</sub>	AS <sub>3</sub>	24	23	22	38~40 41~43 44~47	27 26 25	23 22 21	d=0.5a
	A <sub>3</sub> F	C <sub>3</sub> F	AJ <sub>3</sub> F	CJ <sub>3</sub> F	AS <sub>3</sub> F	24	22	21	38~40 41~43 44~47	27 26 25	23 22 21	d=0.5a
4	A <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	AJ <sub>4</sub>	CJ <sub>4</sub>	AS <sub>4</sub>	26	25	24	42~44 45~48 49~52	25 24 23	21 20 19	d=2a
	A <sub>4</sub> F	C <sub>4</sub> F	AJ <sub>4</sub> F	CJ <sub>4</sub> F	AS <sub>4</sub> F							
5	A <sub>5</sub>	C <sub>5</sub>	AJ <sub>5</sub>	CJ <sub>5</sub>	AS <sub>5</sub>	28	27	26	50~53 54~57 58~62	21 20 19	17 16 15	d=3a
6	A <sub>6</sub>	—	AJ <sub>6</sub>	—	AS <sub>6</sub>	31	30	30	60~63 64~67 68~72	16 15 14	13 12 11	—
7	A <sub>7</sub>	—	AJ <sub>7</sub>	—	—	—	—	—	70~74 ≥75	11 10	9 8	—

註1. 側吹酸性轉炉及側吹碱性轉炉3号鋼的屈服点(第一組鋼材)不小于25公斤/毫米<sup>2</sup>。2号鋼的屈伏点(第二組厚度的条鋼)不小鋼21公斤/毫米<sup>2</sup>。鋼筋混凝土用螺紋鋼筋,其屈伏点(第一組厚度)不小于30公斤/毫米<sup>2</sup>。

註2. 半鎮靜鋼鋼材的機械性質按相應鋼號鎮靜鋼鋼材的機械性質評定。

註3. 第1、2、3組尺寸鋼材按下表劃分：

鋼材尺寸組別	鋼材厚度 (毫米)		
	條鋼	型鋼	板鋼
第一組	≤40	≤15	4~20
” 二 ”	>40~100	>15~20	>20~40
” 三 ”	>100~250	≥20	>40~60

註4. 抗拉強度上限允許提高 3 公斤/毫米<sup>2</sup>。如需方同意，同時冷彎試驗也合格，抗拉強度上限可以不限。

註5. 第二組厚度鋼材，（直徑或厚度）每增加一毫米，其伸長率相應降低 0.25%（相對的），但最多只能降低 3%（絕對值）。厚度或直徑不大於 8 毫米的棒鋼及鋼板，厚度小於 6 毫米的型鋼和異型鋼，（直徑或厚度）每減少一毫米其伸長率降低 1%（絕對值）。

註6. 做直徑或厚度大於 20 毫米的鋼材的冷彎試驗時，經單面鉋削使試樣厚度達到 20 毫米，彎心直徑如表 6 中規定，進行這種試樣的彎曲時，應使未加工的一面是外面。如試樣不經鉋削時彎心直徑可較表 6 所列的值增加一個試樣厚度“a”。

註7. 在未系統積累資料以前，第 3 組厚度的鋼材的屈服點及第 3 組厚度條鋼的伸長率不作為報廢的依據，但試驗結果應填入證明書中。

對於甲類鋼的基本保證條件為抗拉強度  $\sigma_b$  與伸長  $\delta$ ，化學成份並不保證，且不能作為報廢的依據。

但根據雙方協議用戶可以提出如下要求。協議保證屈服點及冷彎試驗與表 6 相符合。對提高 3 號鋼屈服點可以協議規定為：對 A3、AJ3 號鋼，厚度 ≤ 12 毫米的鋼材屈服點不小於 25 公斤/毫米<sup>2</sup>；對第二組厚度的鋼板，屈服點不小於 24 公斤/毫米<sup>2</sup>；對 A3F、AJ3F 號鋼，第二組厚度的鋼材屈服點不小於 23 公斤/毫米<sup>2</sup>。對於化學成份，協議保證為：鉻、鎳及銅的含量不大於 0.30%，用大冶含銅礦煉的鋼，銅應不大於 0.40%；磷的含量規定當鹼性平爐用生鐵含磷量大於 0.35%，側吹鹼性轉爐用生鐵含磷量大於 0.60% 時，鋼的含磷量允許達到 0.050%，這種情況由供方事先通知需方。經供需雙方協議鋼的含磷可仍按不大於 0.045% 供應。鋼的含炭量上限應符合表 5 的規定，其中平爐 3 號鋼上限為 0.22%，平爐 5 號鋼上限為 0.37%。協議保證室溫沖擊韌性試驗應符合表 7 規定。

乙類鋼的基本保證條件為化學成份，應符合表 5 的規定。協議保證為：鉻、鎳及銅的殘余含量各不大於 0.30%，用大冶含銅礦石煉制的鋼、銅應不大於 0.40%，硫不大於 0.050%。

特类鋼的基本保証条件；抗拉强度、屈服点、伸长率应符合表 6 规定，但 3 号沸騰鋼第二組厚度鋼材的屈服点应不小于 23 公斤/毫米<sup>2</sup>；鋼的含炭量上限符合于表 5 规定，鋼中鉻、鎳及銅的剩余含量不大于 0.30%；磷的含量规定与甲类鋼同；轉炉鋼中含氮量不于 0.008%、双方協議的保証条件；硫不大于 0.050%；硅的含量 C3 为 0.12~0.22%，CJ3 为 0.10~0.22%，CJ4 为 0.10~0.25%，C4、C5、CJ5 为 0.12~0.25%；鉻、鎳及銅残余含量之总和不大 于 0.60%；含砷量不大于 0.08%；冷弯試驗应符合表 6 的规定；对提高屈服点指标 C3、CJ3 号鋼，厚度 ≤ 12 毫米的鋼材的屈伏点应不小于 25 公斤/毫米<sup>2</sup>，第二組厚度的鋼板的屈服点不小于 24 公斤/毫米<sup>2</sup>；厚度为 12~25 毫米 鋼材的室溫冲击韌性按表 7 规定。

表 7 直径或厚度为 12—25 毫米的鋼材的室溫冲击值

鋼 号	鋼材种类	鋼材直径或厚度(毫米)	取 样 方 向	試样状态	冲击值 $a_k$ 公斤·米/厘米 <sup>2</sup> 不小于
3 号 鋼	鋼 板	12~25	橫着軋制方向	室 溫	7
	条 鋼		順着軋制方向		8
					10
4 号 鋼	鋼 板		橫着軋制方向		6
	条 鋼		順着軋制方向		8
3 号 鎮 靜 鋼	鋼 板	12~20	双 方  协 議	-20°C	3
				-40°C	双 方 协 議
		应变时效后			
		-20°C			
		>20		应变时效后	
供 需 双 方 协 議	供 需 双 方 协 議	>25		室 溫	

### § 2—4 普通炭素結構鋼的机械性能

影响热軋普通炭素結構鋼的机械性能的因素很多，首先主要决定于鋼的含炭量，图 1 及表 8 指出，含炭量增加提高了鋼的强度，但塑性和韌性都降低了。

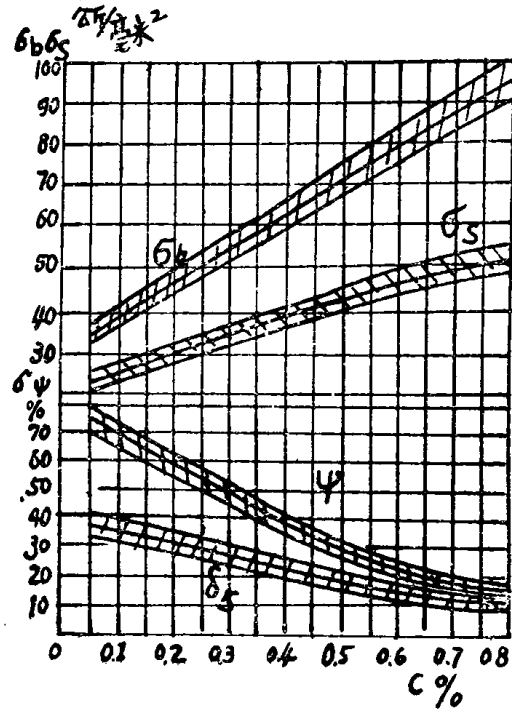


图1 鋼的含炭量与强度和塑性的关系〔11〕  
 (σ<sub>b</sub>抗拉强度 σ<sub>s</sub>屈服点 δ<sub>5</sub>伸长率 ψ收縮率)

表8 普通碳素鋼的冲击韧性和疲劳强度 (标准試样) [11]

鋼号	化学成份 (%)		机械性能 (平均值)							
	C	Mn	σ <sub>s</sub> 公斤/毫米 <sup>2</sup>	σ <sub>b</sub> 公斤/毫米 <sup>2</sup>	δ %	σ <sub>-1</sub> 公斤/毫米 <sup>2</sup>	σ <sub>-1H</sub> 公斤/毫米 <sup>2</sup>	α <sub>k</sub> ·公斤-米/厘米 <sup>2</sup>		
								+20°C	-20°C	-40°C
C <sub>2</sub>	0.13~0.15	0.45~0.51	22.5	34.2	41.0	14.5	13.9	19.0	3.8	0.6
C <sub>3</sub>	0.15~0.20	0.43~0.53	25.8	39.7	29.8	15.5	13.9	15.6	6.1	0.6
C <sub>4</sub>	0.19~0.25	0.56~0.59	26.6	43.4	29.6	19.1	14.6	14.3	5.2	0.8
C <sub>5</sub>	0.32~0.36	0.73~0.78	30.1	56.5	25.2	22.7	15.1	10.4	—	—
B <sub>6</sub>	0.38~0.46	0.66~0.83	37.3	59.0	24.0	25.3	16.5	7.4	1.9	0.75
B <sub>7</sub>	0.56~0.63	0.62~0.77	44.3	83.2	13.9	29.7	—	1.6	0.6	0.6
平炉鋼 軋鋼	0.63~0.79	0.62~1.01	47.2	93.1	11.9	30.3	—	1.9	1.05	0.84
AS <sub>3</sub>	0.06~0.07	0.27~0.31	29.0	38.8	26.5	18.5	17.0	21.2	0.84	0.63
轉炉鋼 軋鋼	0.45~0.72	0.57~0.90	44.4	85.4	14.2	28.5	—	1.9	0.77	0.56

文献[12]的研究指出，显微结构影响钢的机械性能。成品具有细小均匀的晶粒可保证达到标准中所要求的机械性能，魏氏组织、带状组织和晶粒的过份粗大（约较6级晶粒为大）对于机械性能——特别是屈服强度——有不利的影响。影响显微结构和晶粒度的因素主要是加热和压延温度、压下规程和冷却速度。此外，还要低温回火或低温缓冷以消除内应力。显微结构和晶粒度对机械性能的影响见表9。

表9 显微结构和晶粒度对A3钢机械性能的影响 [12]

组织情况	晶粒度 号数	$\sigma_s$ 公斤·米 /毫米 <sup>2</sup>	$\sigma_b$ 公斤/ 毫米 <sup>2</sup>	$\delta_5$ %	$\psi$ %	$a_k$ 公斤·米 /厘米 <sup>2</sup> (20°C)	$a_k$ 公斤·米 /厘米 <sup>2</sup> (-20°C)	冷弯 性能
等轴、均匀	9	30.0	47.1	34.8	63.1	13.1	11.9	良好
等轴、均匀	7	27.7	46.1	33.7	61.7	12.3	9.9	”
带状组织	6	24.3	43.1	34.1	58.1	10.6	6.7	”
较不均匀*	5.5	32.6	46.0	34.1	61.3	12.8	9.1	不良
有魏氏组织*	4	22.7	46.0	34.2	60.7	12.7	8.6	”
带状组织**	2.5	19.6	43.5	35.0	56.0	9.2	3.6	”

註 1. 冲击试样样品取样垂直于压延方向（横向）。  
2. \*冷弯样品有50%破裂，\*\*冷弯样品有60%破裂。

热轧钢材的低温韧性决定于化学成份，铁素体晶粒度，脱氧方法、提高含炭量可使低温性能变坏，增加锰含量（至1.5%Mn）可改进低温性能。镇静钢的低温性能优于半镇静钢，半镇静钢又优于沸腾钢。图2便是锰钢（0.12~0.15%C，1.35~1.70%Mn）与A3、A3F的冲击韧性试验结果。

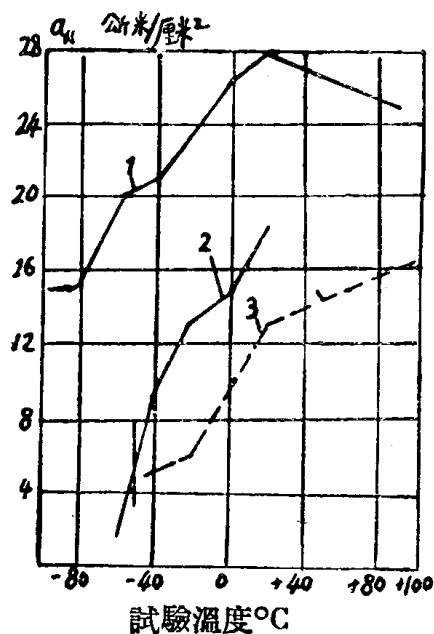


图2 锰钢与A3、A3F的冲击韧性[13]

- 1—锰钢；
- 2—低炭镇静钢（A3）；
- 3—低炭沸腾钢（A3F）。



机械性能还和轧材的断面尺寸有关。而不同的冶炼方法所生产出来的轧材的机械性能更有显著差异，如前所述，转炉钢的机械性能比平炉钢为差。但近年来发展的纯氧吹炼的转炉钢，其沸腾钢和镇静钢在工艺性能和机械性能方面实际上与相应的平炉钢一样。表10便是苏联生产的纯氧吹炼的转炉沸腾钢与相应牌号平炉钢型材制作的试样在不同的试验温度下和在人工时效后的冲击韧性数据。

表10 3号转炉沸腾钢和3号平炉沸腾钢的冲击韧性 [14]

型 材 (毫米)	炉 次	冲击韧性, 公斤-米/厘米 <sup>2</sup>										在+20°C时 时效后
		纵向试样					横向试样					
		试验温度, °C										
		+20	0	-20	-40	-60	+20	0	-20	-40	-60	
80×80方钢	18	11.1	8.5	1.87	0.83	0.75	6.8	—	2.1	—	—	1.5
	10	11.6	8.2	2.9	0.86	0.67	6.5	—	—	—	—	1.8
90×90角钢	4	18.6	18.3	1.85	6.2	1.29	7.5	6.85	5.4	1.44	1.19	6.7
	11	12.3	8.8	4.3	1.2	0.85	6.7	5.6	3.0	1.02	0.72	7.4
薄板坯	17	15.1	8.9	6.3	1.9	0.85	7.2	3.9	1.65	0.87	0.58	5.35
	11	13.4	9.7	4.7	0.75	0.64	6.7	5.8	1.76	0.96	0.56	3.27
钢梁及槽钢№20	29	11.6	11.3	6.4	2.1	1.1	6.4	4.5	2.3	1.0	0.75	3.0
	17	14.8	9.8	5.4	1.7	1.1	7.7	4.2	2.9	1.2	1.0	5.3

表中数据，分子为3号转炉沸腾钢，分母为3号平炉沸腾钢。

使用热轧钢材时必须考虑它的另一重要特性，即机械性能具有方向性的特征。这是因为热轧时，钢中范性夹杂物与钢锭中的局部化学成份偏析沿压延方向伸长的结果，使得型材沿垂直于压延方向取样的塑性和韧性降低，对强度基本上没有影响。可参见图3。