

第6章 中外铸铁

6.1 中 国

6.1.1 灰铸铁*

(1) 中国 GB 标准灰铸铁的牌号与主要力学性能[GB/T 9439—1988]

a. 灰铸铁单铸试棒及铸件的抗拉强度,见表 6-1。

表 6-1 灰铸铁单铸试棒及铸件的抗拉强度

牌 号	单铸试棒 ^① 抗拉强度 $\sigma_b \geq / \text{MPa}$	铸 件 ^②	
		铸件壁厚 /mm	抗拉强度 $\sigma_b \geq / \text{MPa}$
HT100	100	>2.5~10	130
		>10~20	100
		>20~30	90
		>30~40	80
HT150	150	>2.5~10	175
		>10~20	145
		>20~30	130
		>30~40	120
HT200	200	>2.5~10	220
		>10~20	195
		>20~30	170
		>30~40	160
HT250	250	>4.0~10	270
		>10~20	240
		>20~30	220
		>30~50	200
HT300	300	>10~20	290
		>20~30	250
		>30~50	230
HT350	350	>10~20	340
		>20~30	290
		>30~50	260

① 标准试棒直径 $\phi 30 \text{ mm}$ 。关于灰铸铁力学性能试验方法参见 GB/T 977—1984 和 GB/T 6296—1986。

② 本表所列的铸件抗拉强度 σ_b 随壁厚而变化。对于壁厚均匀、形状简单的铸件,其 σ_b 为参考值;对于壁厚不均匀或有型芯的铸件,其 σ_b 仅为近似值,铸件设计时应以关键部位的实测值为依据。

b. 灰铸铁附铸试棒(块)的抗拉强度,见表 6-2。

表 6-2 灰铸铁附铸试棒(块)的抗拉强度

牌 号 ^①	铸件壁厚 ^② /mm	抗拉强度 $\sigma_b \geq / \text{MPa}$ ^③				铸件(参考值) 抗拉强度 $\sigma_b \geq / \text{MPa}$
		附 铸 试 棒		附 铸 试 块		
		$\phi 30 \text{ mm}$	$\phi 50 \text{ mm}$	$R15 \text{ mm}$	$R25 \text{ mm}$	
HT150	$>20 \sim 40$	130	—	120	—	120
	$>40 \sim 80$	115	(115)	110	—	105
	$>80 \sim 150$	—	105	—	100	90
	$>150 \sim 300$	—	100	—	90	80
HT200	$>20 \sim 40$	180	—	170	—	165
	$>40 \sim 80$	160	(155)	150	—	145
	$>80 \sim 150$	—	145	—	140	130
	$>150 \sim 300$	—	135	—	130	120
HT250	$>20 \sim 40$	220	—	(210)	—	205
	$>40 \sim 80$	200	(190)	190	—	180
	$>80 \sim 150$	—	180	—	170	165
	$>150 \sim 300$	—	165	—	160	150
HT300	$>20 \sim 40$	260	—	(250)	—	245
	$>40 \sim 80$	235	(230)	225	—	215
	$>80 \sim 150$	—	210	—	200	195
	$>150 \sim 300$	—	195	—	185	180
HT350	$>20 \sim 40$	300	—	(290)	—	285
	$>40 \sim 80$	270	(265)	260	—	255
	$>80 \sim 150$	—	240	—	230	225
	$>150 \sim 300$	—	215	—	210	205

① HT100 牌号在厚断面处强度太低,无实用价值,故从略。

② 当铸件壁厚 $>30\text{mm}$ 时,其力学性能应由供需双方协议确定。

③ 括弧内的数值仅适于铸件壁厚大于试样直径时使用。

c. 灰铸铁的其他力学性能,见表 6-3。

表 6-3 灰铸铁的其他力学性能^①

牌 号	抗压强度 σ_{bc}/MPa	抗剪强度 τ_b/MPa	冲击韧度 ^② $A_{KV}/(\text{J}/\text{cm}^2)$	疲劳极限 σ_{-1}/MPa	弹性模量 E/GPa
HT150	500~700	150~250	—	60~90	70~90
HT200	600~800	200~300	2~5	80~90	80~110
HT250	800~1000	250~350	4~8	100~140	100~130
HT300	1000~1200	300~450	7~10	120~160	120~140
HT350	1100~1300	350~500	9~11	140~180	130~160

① 表中的数据非标准规定值。

② 夏比 V 形缺口试样。

(2) 中国 GB 标准灰铸铁的硬度等级与硬度范围〔GB/T 9439—1988, 附录 A〕
(表 6-4)

表 6-4 灰铸铁的硬度等级与硬度范围

牌 号	硬度等级	铸件上的硬度范围 HBS	相应的金相组织
HT100	H145	≤170	铁素体
HT150	H175	150~200	铁素体+珠光体
HT200	H195	170~220	珠光体
HT250	H215	190~240	珠光体
HT300	H235	210~260	珠光体(孕育铸铁)
HT350	H255	230~280	珠光体(孕育铸铁)

(3) 中国 GB 标准灰铸铁的化学成分与金相组织实例(表 6-5 和表 6-6)

表 6-5 灰铸铁的化学成分实例(质量分数)(%)

牌号	铸件壁厚 /mm	C	Si	Mn	P ≤	S ≤
HT100	—	3.4~3.9	2.1~2.6	0.5~0.8	0.3	0.15
HT150	<30	3.3~3.5	2.0~2.4	0.5~0.8	0.2	0.12
	30~50	3.2~3.5	1.9~2.3	0.5~0.8	0.2	0.12
	>50	3.2~3.5	1.8~2.2	0.6~0.9	0.2	0.12
HT200	<30	3.2~3.5	1.6~2.0	0.7~0.9	0.15	0.12
	30~50	3.1~3.4	1.5~1.8	0.8~1.0	0.15	0.12
	>50	3.0~3.3	1.4~1.6	0.8~1.0	0.15	0.12
HT250	<30	3.0~3.3	1.4~1.7	0.8~1.0	0.15	0.12
	30~50	2.9~3.2	1.3~1.6	0.9~1.1	0.15	0.12
	>50	2.8~3.1	1.2~1.5	1.0~1.2	0.15	0.12
HT300	<30	2.9~3.2	1.4~1.7	0.8~1.0	0.15	0.12
	30~50	2.9~3.2	1.2~1.5	0.9~1.1	0.15	0.12
	>50	2.8~3.1	1.1~1.4	1.0~1.2	0.15	0.12
HT350	<30	2.8~3.1	1.3~1.6	1.0~1.3	0.10	0.10
	30~50	2.8~3.1	1.2~1.5	1.0~1.3	0.10	0.10
	>50	2.7~3.0	1.1~1.4	1.1~1.4	0.10	0.10

表 6-6 灰铸铁的金相组织实例(体积分数)(%)

牌 号	石 墨	基 体
HT100	初晶石墨, 长度 250~1000μm, 无定向分布, 含量 12%~15%	珠光体 30%~70%粗片状, 铁素体 30%~70%, 二元磷共晶<7%

(续)

牌 号	石 墨	基 体
HT150	片状石墨,长度 120~150 μ m,无定向分布,含量 7%~11%	珠光体 40%~90%中粗片状,铁素体 10%~60%,二元磷共晶<7%
HT200	80%~90%片状石墨,10%~20%过冷石墨,长度 60~250 μ m,无定向分布,含量 6%~9%	珠光体>95%中片状,铁素体<5%,二元磷共晶<4%
HT250	85%~90%片状石墨,5%~15%过冷石墨,长度 60~250 μ m,无定向分布,含量 4%~7%	珠光体>98%中细片状,二元磷共晶<2%
HT300	80%~95%片状石墨,5%~20%过冷石墨,长度 30~120 μ m,含量 3%~6%	珠光体>98%中细片状,二元磷共晶<2%
HT350	75%~90%片状石墨,10%~25%过冷石墨,长度 30~120 μ m,含量 2%~4%	珠光体>98%细片状,二元磷共晶<1%

注:灰铸铁金相检验,可参见 GB/T 7216—1987。

(4) 中国灰铸铁铸件的时效处理(表 6-7)

表 6-7 灰铸铁铸件人工时效处理工艺

铸件重量 kg	入炉温度 /℃	加热速度 /(℃/h)	保温温度/℃		保温时间 /h	冷却速度 /(℃/h)	出炉温度 /℃
			普通铸铁	低合金铸铁			
一般铸件							
<200	≤200	≤100	500~550	550~570	4~6	30	200
200~2500	≤200	≤80	500~550	550~570	6~8	30	200
>2500	≤200	≤60	500~550	550~570	8	30	200
精密铸件							
<200	≤200	≤100	500~550	550~570	4~6	20	200
200~3500	≤200	≤80	500~550	550~570	6~8	20	200

(5) 中国灰铸铁的性能与用途,见表 6-8。

表 6-8 灰铸铁的性能与用途

牌 号	性能特点和使用条件	用 途 举 例
HT100	铸造性能好,工艺简便,铸造应力小,减振性优良,铸后不需人工时效处理 这类铸件一般不经加工,或只作简单加工即被使用	用于载荷低、对摩擦磨损无特殊要求的零件,如外罩、盖、手轮、手把、支架、座板、重锤等

(续)

牌 号	性能特点和使用条件	用 途 举 例
HT150	有一定的力学强度和良好的减振性。铸造性能好,工艺简便,铸造应力小,铸后不需人工时效处理 适用于承受弯曲$<10\text{MPa}$、摩擦面间的单位面积压力$<0.5\text{MPa}$的铸件,可在较弱的磨蚀介质中使用	机械制造用一般铸件,如支架、底座、齿轮箱、刀架、轴承座、工作台、齿轮和链轮(齿面不加工的铸件) 汽车、拖拉机的进气管、排气管、液压泵、进油管 工作应力不大的管子配件、薄壁零件、壁厚$\leq 30\text{mm}$的耐磨轴套 圆周速度为$6\sim 12\text{m/s}$的皮带轮 在纯碱或染料介质中工作的化工容器、泵壳、法兰等
HT200 HT250	强度较高,有一定韧性,耐磨性、耐热性较好,减振性、气密性、抗胀性良好。铸造性能较好,但需进行时效处理 适用于承受弯曲$<30\text{MPa}$、摩擦面间的单位面积压力$>0.5\text{MPa}$的铸件^①,以及要求一定气密性、在较弱的腐蚀性介质中使用的零部件	机械制造中较重要的铸件,如气缸、齿轮、飞轮、棘轮、链轮、机床床身与立柱等 汽车、拖拉机的气缸体、气缸盖、活塞、刹车鼓、联轴器盘、离合器外壳、半轴壳、分离器本体等 压力为80MPa以下的液压缸、泵体、阀体、汽油机和柴油机的活塞环 圆周速度为$12\sim 20\text{m/s}$的皮带轮 要求有一定耐蚀性和较高强度的化工容器、泵壳、塔器、法兰、填料箱本体、碳化塔、硝化塔、磺化器等
HT300 HT350	属于高强度、高耐磨性一级的灰铸铁,其强度、耐磨性和韧性均优于其他牌号的灰铸铁,但白口倾向大,铸造性能差,铸后需进行人工时效处理 适用于承受弯曲$<50\text{MPa}$、摩擦面间的单位面积压力$>2\text{MPa}$的铸件,以及需要进行表面淬火或要求保持高度气密性的零部件	机械制造中重要的铸件,如机床导轨、冲床、剪床、压力机等受力较大的床身、机座、机架、主轴箱、卡盘、凸轮、齿轮,大型发动机的气缸体、气缸盖、缸套等 高压油缸、水缸、泵体、阀体等 也用于锻模、冷冲模等模具

① 大于 $10t$ 的大型铸件,其摩擦面间的单位面积压力可大于 1.5MPa 。

6.1.2 球墨铸铁*

(1) 中国 GB 标准球墨铸铁的牌号与主要力学性能[GB/T 1348—1988]

a. 球墨铸铁单铸试块的力学性能与金相组织,见表 6-9 和表 6-10。

表 6-9 球墨铸铁单铸试块的力学性能与金相组织

牌 号	抗拉强度 $\sigma_b \geq / \text{MPa}$	屈服强度 $\sigma_{0.2} \geq / \text{MPa}$	伸长率 $\delta_5 \geq (\%)$	硬度 ^① HBS	主要金相组织 ^①
QT400—18	400	250	18	130~180	铁素体
QT400—15	400	250	15	130~180	铁素体
QT450—10	450	310	10	160~210	铁素体
QT500—7	500	320	7	170~230	铁素体+珠光体
QT600—3	600	370	3	190~270	珠光体+铁素体
QT700—2	700	420	2	225~305	珠光体
QT800—2	800	480	2	245~335	珠光体或回火组织
QT900—2	900	600	2	280~360	贝氏体或回火马氏体

① 供参考。

表 6-10 球墨铸铁单铸试块 V 形缺口试样的冲击性能

牌 号	室温冲击初度 ($23 \pm 5^\circ\text{C}$) $a_K \geq / (\text{J}/\text{cm}^2)$		低温冲击初度 ($-20 \pm 2^\circ\text{C}$) $a_K \geq / (\text{J}/\text{cm}^2)$	
	3 个试样平均值	个别值	3 个试样平均值	个别值
QT400—18	14	11	—	—
QT400—18L ^①	—	—	12	9

① 字母“L”表示该牌号在低温时的冲击初度。

b. 球墨铸铁附铸试块的力学性能与金相组织,见表 6-11 和表 6-12。

表 6-11 球墨铸铁附铸试块的力学性能与金相组织

牌 号 ^①	铸件壁厚 /mm	抗拉强度 $\sigma_b \geq / \text{MPa}$	屈服强度 $\sigma_{0.2} \geq / \text{MPa}$	伸长率 $\delta \geq (\%)$	硬度 ^② HBS	主要金相组织
QT400—18A	>30~60	390	250	18	130~180	铁素体
	>60~200	370	240	12		
QT400—15A	>30~60	390	250	15	130~180	铁素体
	>60~200	370	240	12		
QT500—7A	>30~60	450	300	7	170~240	铁素体+珠光体
	>60~200	420	290	5		
QT600—3A	>30~60	600	360	3	180~270	珠光体+铁素体
	>60~200	550	340	1		
QT700—2A	>30~60	700	400	2	220~320	珠光体
	>60~200	650	380	1		

① 牌号后的字母“A”表示该牌号在附铸试块上测定的力学性能,以区别上表的单铸试块测定的性能。

② 供参考。

表 6-12 球墨铸铁附铸试块 V 形缺口试样的冲击性能

牌 号	铸件壁厚 /mm	室温冲击初度(23±5℃)		低温冲击初度(-20±2℃)	
		$a_K \geq (\text{J}/\text{cm}^2)$		$a_K \geq (\text{J}/\text{cm}^2)$	
		三个试样平均值	单个试样值	三个试样平均值	单个试样值
QT400—18A	>30~60	14	11	—	—
	>60~200	12	9	—	—
QT400—18AL	>30~60	—	—	12	9
	>60~200	—	—	10	7

(2) 中国 GB 标准球墨铸铁的硬度牌号与硬度范围〔GB/T 1348—1988,附录 A〕,见表 6-13。

表 6-13 球墨铸铁的硬度牌号、硬度范围及金相组织

硬度牌号	硬 度 HBS	主要金相组织	力学性能(参考值)		
			抗拉强度 $\sigma_b \geq / \text{MPa}$	屈服强度 $\sigma_{0.2} \geq / \text{MPa}$	伸长率 $\delta \geq (\%)$
QT—H330	280~360	贝氏体或回火马氏体	900	600	2
QT—H300	245~335	珠光体或回火组织	800	480	2
QT—H265	225~305	珠光体	700	420	2
QT—H230	190~270	珠光体+铁素体	600	370	3
QT—H200	170~230	铁素体+珠光体	500	320	7
QT—H185	160~210	铁素体	450	310	10
QT—H155	130~180	铁素体	400	250	15
QT—H150	130~180	铁素体	400	250	15

(3) 中国球墨铸铁的化学成分、金相组织与疲劳性能实例

a. 球墨铸铁的化学成分与基体组织实例,见表 6-14。

表 6-14 球墨铸铁的化学成分与基体组织实例(质量分数)(%)

牌 号	典型零件	化学成分(质量分数)(%)								基体组织
		C	Si	Mn	P	S	Mg	RE	其他	
QT400—18	农机零件	3.6~3.8	2.3~2.7	<0.5	<0.08	<0.025	0.03~0.05	0.02~0.03	—	退火铁素体
		3.5~3.6	3.0~3.2	<0.5	<0.07	<0.02	0.04	0.02	—	退火铁素体
QT450—10	汽车底盘零件	3.4~3.9	2.7~3.0	0.2~0.5	<0.07	<0.03	0.06~0.10	0.03~0.10	—	退火铁素体
		3.6~3.8	2.5~2.9	<0.6	<0.08	<0.025	0.03~0.05	0.03~0.05	—	珠光体+铁素体

(续)

牌 号	典型零件	化学成分(质量分数)(%)								基体组织
		C	Si	Mn	P	S	Mg	RE	其他	
QT600—3	中小曲轴	3.6~3.8	2.0~2.4	0.5~0.7	<0.08	<0.025	0.035~0.05	0.025~0.045	—	正火珠光体
QT700—2	柴油机连杆	3.7~4.0	2.3~2.6	0.5~0.8	<0.08	<0.02	0.035~0.065	0.035~0.065	Mo 0.15~0.4 Cu 0.4~0.8	混合组织
QT800—2	汽车曲轴	3.7~4.0	2.5	<0.5	<0.07	<0.03	—	—	Mo 0.39 Cu 0.82	混合组织
QT900—2	凸轮轴、花键轴	3.5~3.7	2.7~3.0	<0.5	<0.08	<0.025	0.03~0.05	0.025~0.045	Mo 0.15~0.25 Cu 0.5~0.7	下贝氏体

注:球墨铸铁金相检验,可参见 GB/T 9441—1988。

b. 球墨铸铁的疲劳性能实例,见表 6-15。

表 6-15 常用球墨铸铁的疲劳性能实例

类 型	抗拉强度 σ_b /MPa	无缺口试样疲劳性能		45°V 形缺口试样疲劳性能		
		疲劳极限 σ_{-1} /MPa	耐久比 σ_{-1}/σ_b	疲劳极限 σ_{-1} /MPa	耐久比 σ_{-1}/σ_b	疲劳缺口系数 σ_{-1}/σ_{-1K}
铁素体球铁①	490	210	0.43	145	0.30	1.4
铁素体+珠光体球铁②	620	276	0.44	166	0.27	1.7
高温回火球铁③	930	338	0.36	207	0.22	1.6

① $\sigma_b \geq 448\text{MPa}$, $\delta \geq 12\%$ 。

② $\sigma_b \geq 552\text{MPa}$, $\delta \geq 6\%$ 。

③ $\sigma_b \geq 828\text{MPa}$, $\delta \geq 2\%$, 900℃ 油淬, 600℃ 回火。

(4) 中国球墨铸铁的热处理

a. 球墨铸铁的热处理实例,见表 6-16。

表 6-16 球墨铸铁的热处理实例

名 称	目 的	工 艺 举 例	基体组织	附 注
退 火	高温退火 消除白口及游离渗碳体,并使珠光体分解,改善切削加工性能,提高塑性、韧性	加热至 920~980℃,保温 2~5h,降温至 700~750℃,保温 3~6h,炉冷, <600℃ 出炉空冷或 920~980℃ 保温 2~5h,炉冷, <600℃ 空冷	铁素体	
	低温退火 使珠光体分解,提高塑性、韧性	加热至 700~760℃,保温 3~5h,炉冷, <600℃ 空冷	铁素体	铸态要求无游离渗碳体

(续)

名 称		目 的	工 艺 举 例		基体组织	附 注
高温正火	高体 温化 奥正 氏火	提高组织均匀性,改善切削加工性能,提高强度、硬度、耐磨性或消除白口及游离渗碳体	加热至 880~950°C,保温 1~3h,空冷或风冷 ^①		珠光体+少量铁素体(牛眼状)	复杂铸件正火后需要回火
	两阶段正火	提高组织均匀性,改善切削加工性能,提高强度、硬度、耐磨性或消除白口及游离渗碳体 防止出现二次渗碳体	加热至 920~980°C,保温 1~3h,炉冷至 860~880°C 再保温 1~2h,空冷或风冷 ^①		珠光体+少量铁素体(牛眼状)	复杂铸件正火后需要回火
部分奥氏体化正火	低温正火	获得良好的强度和韧性	加热至 840~880°C,保温 1~2h,空冷或风冷 ^①		珠光体+铁素体(碎块状)	铸态需无游离渗碳体,复杂铸件正火后需要回火
	高温不保温正火	获得良好的强度和韧性	加热至 740~760°C,保温 1~1.5h,升温至 900~940°C,空冷或风冷 ^①		珠光体+少量铁素体(碎块状)	铸态需无游离渗碳体,复杂铸件正火后需要回火
淬 火 和 回 火		提高强度、硬度、耐磨性	淬 火: 860 ~ 900°C,保温 20 ~ 60min, 淬油	回 火: 550 ~ 600°C,保温 1 ~ 3h,空冷	回火索氏体+铁素体	淬火以前最好先经正火处理
				回 火: 250 ~ 550°C,保温 1 ~ 3h,空冷	回火马氏体+回火托氏体+少量残余奥氏体	
				回 火: 200 ~ 250°C,保温 1 ~ 3h,空冷	回火马氏体+少量残余奥氏体	
表面淬火		提高表面层硬度、耐磨性	火焰加热或中频(高频)感应加热 850~950°C,淬油		表面层为马氏体+少量残余奥氏体,内部与原始组织相同	必须先进行正火,使珠光体量的体积分数 $\geq 70\%$
等温淬火		提高强度、硬度、耐磨性	850 ~ 900°C 保温 20 ~ 60min,降温至 250~350°C,保温 60~90min,空冷		下贝氏体+少量马氏体+少量残余奥氏体	铸态组织需无游离渗碳体

(续)

名 称	目 的	工 艺 举 例	基体组织	附 注
等温 淬火	获得高的强度和 高的韧性	860~890℃ 保温 1~2h, 降温至 340~390℃, 保温 1h, 空冷	贝氏体型铁素体 + 体积分数 20% ~40% 奥氏体	
正火后 回火	消除正火后产生 的内应力, 提高韧 性	500~600℃ 保温 1~3h, 空冷	与正火组织相同	
气体 软氮化	提高疲劳强度、 表面层硬度、耐磨 性		在表面形成化合 物层和扩散层	应先进行正火, 回火, 以提高珠光 体量, 消除内应力

① 风冷或喷雾冷却。

b. 球墨铸铁在不同热处理状态下的力学性能, 见表 6-17。

表 6-17 球墨铸铁在不同热处理状态下的力学性能

球铁基体类型	热处理状态	抗拉强度 σ_b /MPa	断后伸长率 δ (%)	布氏硬度 HBS
铁素体	铸态	450~550	10~20	137~193
铁素体	退火	400~500	15~25	121~179
珠光体+铁素体	铸态或退火	500~600	5~10	147~241
珠光体	铸态	600~750	2~4	217~269
珠光体	正火	700~950	2~5	229~302
珠光体+碎块状铁 素体	部分奥氏体化正火	600~900	4~9	207~285
贝氏体+碎块状铁 素体	部分奥氏体化等温 淬火	900~1100	2~6	32~40 HRC
下贝氏体	等温淬火	1200~ 1500	1~3	40~50 HRC
贝氏体型铁素体+ 20%~40% 奥氏体	等温淬火	900~ 1000	6~13	30~35 HRC
回火索氏体	淬火, 550~600℃ 回火	900~ 1200	1~5	32~43 HRC
回火马氏体+回火 索氏体	淬火, 360~420℃ 回火	1000~ 1300		45~50 HRC
回火马氏体	淬火, 200~250℃ 回火	700~ 900	0.5~1	55~61 HRC

(5) 中国球墨铸铁的性能与用途(表 6-18)

表 6-18 球墨铸铁的性能与用途

牌 号	性 能 特 点	用 途 举 例
QT400—18 QT400—15	焊接性及切削加工性能好,韧性高,脆性转变温度低	用于农机具:犁铧、犁柱、收割机及割草机上的导架、差速器壳、护刃器;汽车、拖拉机的轮毂、驱动桥壳体、离合器壳体、差速器壳、拨叉等;通用机:16.2~64.85MPa(16~64atm)阀门的阀体、阀盖,压缩机上高低压气缸等;以及铁路垫板、电机机壳、齿轮箱、飞轮壳等
QT450—10	同上,但塑性略低而强度与小能量冲击力较高	
QT500—7	中等强度与塑性,切削加工性尚好	用于内燃机的机油泵齿轮,汽轮机中温气缸隔板,铁路机车车辆轴瓦,机器座架、传动轴、飞轮,电动机架等
QT600—3	中高强度,低塑性,耐磨较好	用于内燃机(5~4000)HP柴油机和汽油机的曲轴,部分轻型柴油机和汽油机的凸轮轴、气缸套、连杆、进排气门座等;农机具:脚踏脱料机齿条、轻负荷齿轮、畜力犁铧;部分磨床、铣床、车床的主轴;空氧机、气压机、冷冻机、制氧机、泵的曲轴、缸体、缸套;以及球磨机齿轴、矿车轮、桥式起重机大小滚轮、小型水轮机主轴等
QT700—2 QT800—2	有较高的强度和耐磨性,塑性及韧性较低	
QT900—2	有高的强度和耐磨性,较高的弯曲疲劳强度、接触疲劳强度和一定的韧性	用于农机上的犁铧、耙片;汽车上的弧齿锥齿轮、转向节、传动轴;拖拉机上的减速齿轮;内燃机曲轴、凸轮轴

6.1.3 蠕墨铸铁*

(1) 中国 JB 标准蠕墨铸铁的牌号与力学性能[JB/T 4403—1987]

a. 蠕墨铸铁单铸试块的力学性能与金相组织,见表 6-19。

表 6-19 蠕墨铸铁单铸试块的力学性能与金相组织

牌 号	抗拉强度 $\sigma_b \geq / \text{MPa}$	屈服强度 $\sigma_{0.2} \geq / \text{MPa}$	伸长率 $\delta \geq (\%)$	硬度范围 HBS	蠕化率 $\text{VG} \geq (\%)$	主要金相组织
RuT420	420	335	0.75	200~280	50	珠光体
RuT380	380	300	0.75	193~274	50	珠光体
RuT340	340	270	1.0	170~249	50	珠光体+铁素体
RuT300	300	240	1.5	140~217	50	铁素体+珠光体
RuT260	260	195	3.0	121~197	50	铁素体

b. 蠕墨铸铁件的力学性能,见表 6-20。

表 6-20 蠕墨铸铁不同壁厚铸件的力学性能

力学性能	碳当量 (%)	基体组织	壁 厚/mm			
			30	53	44.5 ^①	200
抗拉强度 σ_b ≥/MPa	4.3	铁素体	358	319	304	280
	4.0		392	343	324	294
	4.3	珠光体	392	363	353	314
	4.0		451	382	378	334
0.1%条件屈服强度 $\sigma_{0.1}$ ≥/MPa	4.3	铁素体	255	225	206	186
	4.0		279	245	231	216
	4.3	珠光体	299	265	235	206
	4.0		333	275	260	226
0.2%条件屈服强度 $\sigma_{0.2}$ ≥/MPa	4.3	铁素体	284	265	221	196
	4.0		318	289	260	235
	4.3	珠光体	323	294	289	250
	4.0		363	324	304	255
0.5%条件屈服强度 $\sigma_{0.5}$ ≥/MPa	4.3	铁素体	318	294	226	221
	4.0		358	334	285	250
	4.3	珠光体	358	319	334	245
	4.0		—	358	324	285
弹性模量 E ≥/MPa	4.3	铁素体	158760	158760	158760	158760
	4.0		165620	161700	158760	161700
	4.3	珠光体	161700	155820	161700	151900
	4.0		161700	—	158760	151900
伸长率 δ (%)	4.3	铁素体	4.5	4.5	5.5	4.5
	4.0		2.0	2.5	3.0	3.0
	4.3	珠光体	1.5	1.0	2.0	2.0
	4.0		1.0	1.0	2.0	1.5
硬度 HBS	4.3	铁素体	140~155	135~150	120~130	120~130
	4.0		180~205	170~180	135~145	130~140
	4.3	珠光体	225~245	175~245	195~205	160~180
	4.0		210~260	170~240	195~215	160~190

① 系基尔试块。

(2) 中国蠕墨铸铁与球墨铸铁、灰铸铁的力学性能比较(表 6-21)

表 6-21 蠕墨铸铁与球墨铸铁、灰铸铁的力学性能比较

性 能	蠕墨铸铁 (混合基体)	球墨铸铁 (珠光体基体)	高级灰铸铁 (珠光体基体)
抗拉强度 σ_b /MPa	350~450	600~800	200~400
屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	250~400	420~600	—
抗弯强度 σ_{bb} /MPa	700~1000	1600~2600	400~680
抗压强度 σ_{bc} /MPa	600~1200	600~1200	500~1400
延伸率 δ (%)	1~4	2~4	0~0.5
挠度 f /mm	4~17		2.5~3.5
硬度 HBS	150~250	229~300	187~269
冲击韧度 a_K /(J/cm ²)	11~20	15~40	9~11
弹性模量 E /MPa	127400~156800	156800~176400	83300~137200
弯曲疲劳强度/MPa	>170	>190	<140

(3) 中国蠕墨铸铁的化学成分与金相组织实例(表 6-22)

表 6-22 蠕墨铸铁的化学成分与金相组织实例

牌 号	蠕化剂	化学成分(质量分数)(%)								金相组织 (体积分数)
		C	Si	Mn	P	S	Mg	RE	其他	
RuT420	钇硅稀土合金	3.64	2.68	1.10	<0.07	<0.07	—	Y0.13	—	80%蠕虫状石墨,铁素体基体
RuT380	混合稀土金属	3.5~	2.0~	0.04~	—	—	—	Ce0.02	—	60%~90%蠕虫状石墨,铁素体基体
		3.8	3.0	0.2						
RuT340	稀土钙合金	3.8~ 4.1	2.2~ 2.9	0.3~ 0.95	<0.07	<0.02	—	0.04~ 0.06	Ca0.0017 ~0.0029	蠕虫状石墨+球状珠光体+50%铁素体
RuT300	Mg-Ce-Ti 复合剂	3.2~ 3.6	2.0~ 2.5	0.1~ 0.6	—	—	0.015~ 0.04	0.004~ 0.01	Ti0.15~ 0.35	60%~90%蠕虫状石墨,铁素体基体
RuT260	Ti-Ce-Ca-Mg-Fe-Si 复合剂	3.7	1.7	0.3	—	—	0.015~ 0.035	Ce0.002	Ti0.06~ 0.13	蠕虫状石墨+铁素体基体

(4) 中国蠕墨铸铁的性能与用途(表 6-23)

表 6-23 蠕墨铸铁的性能与用途

牌 号	性能特点和使用条件	用 途 举 例
RuT420 RuT380	珠光体基体蠕铁,具有较高的强度,良好的导热性,并具有良好的刚性和耐磨性 通常在铁液中加入微量元素或铸件经正火处理后使用,适用于要求强度或耐磨性较高的零件	活塞环、刹车鼓、机床床身导轨、柴油机缸套、钢珠研磨盘、吸淤泵体和制造玻璃模具、制糖机榨辊等
RuT340	以珠光体为主的混合基体蠕铁,其强度和硬度较高,并有较高的耐磨性和导热性 适用于要求较高强度、刚性和耐磨性的零件,是一种应用范围正在不断扩大的蠕铁牌号	带导轨面的重型机床床身、大型铣床立柱和横梁、大型齿轮箱体和盖、座、飞轮、刹车鼓、研磨盘、起重机卷筒、烧结机滑板和制造玻璃模具等
RuT300	以铁素体为主的混合基体蠕铁,其强度和硬度适中,有一定的塑韧性,导热性较高,气密性较好 适用于要求较高强度及承受热疲劳的零件,是目前国内生产最多和应用最广的蠕铁牌号	汽车、拖拉机的排气管、变速箱体、船用柴油机汽缸盖、纺织机零件、液压件、钢锭模、小型烧结机篦条等
RuT260	铁素体基体蠕铁,硬度较低、强度不高,但具有较高的塑韧性,优良的导热性。在高温阶段停留时,其基体组织很少相变或不发生相变,抗氧化性和变形能力较好 适用于承受冲击载荷及热疲劳的零件	增压机废气进气壳体、载货汽车和拖拉机的某些底盘零件等,可代替原来用可锻铸铁或铁素体球墨铸铁制造的零件,获得较好的技术经济效益

6.1.4 可锻铸铁*

(1) 中国 GB 标准可锻铸铁的牌号与力学性能[GB/T 9440—1988](表 6-24)

表 6-24 可锻铸铁的牌号与力学性能

类 型	牌 号	试样直径 d /mm	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 δ (%)	硬 度 HBS
			不小于			
黑心可锻铸铁 (铁素体可锻铸铁)	KTH300—06	12 或 15	300	—	6	≤ 150
	KTH330—08		330	—	8	
	KTH350—10		350	200	10	
	KTH370—12		370	—	12	
珠光体可锻铸铁	KTZ450—06	12 或 15	450	270	6	150~200
	KTZ550—04		550	340	4	180~230
	KTZ650—02		650	430	2	210~260
	KTZ700—02		750	530	2	240~290

(续)

类 型	牌 号	试样直径	抗拉强度	屈服强度	伸长率	硬 度 HBS
		d /mm	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ (%)	
白心可锻铸铁	KTB350—04	9	340	—	5	≤ 230
		12	350	—	4	
		15	360	—	3	
	KTB380—12	9	320	170	15	≤ 200
		12	380	200	12	
		15	400	210	8	
	KTB400—05	9	360	200	8	≤ 220
		12	400	220	5	
		15	420	230	4	
	KTB450—07	9	400	230	10	≤ 220
		12	450	260	7	
		15	480	280	4	

(2) 中国可锻铸铁的化学成分实例(表 6-25)

表 6-25 可锻铸铁的化学成分实例

牌 号	典型零件	化学成分(质量分数)(%)					孕育剂(%)
		C	Si	Mn	P	s	
黑心可锻铸铁(铁素体可锻铸铁)							
KTH330—08	农机配件	2.5~2.8	1.4~1.8	0.5~0.7	<0.1	<0.25	Al 0.009, Bi 0.05
KTH330—08	水暖件	2.6~2.8	1.5~1.8	0.55~0.70	<0.12	<0.25	Al 0.01, Bi 0.01
KTH350—10	汽车底盘零件	2.5~2.7	1.3~1.6	0.35~0.5	0.05~0.07	<0.15	Al 0.008, B0.002,Bi 0.06
KTH350—10	阀门	2.3~2.7	1.14~1.36	0.3~0.4	<0.1	0.07~0.09	Al 0.015
KTH370—12	汽车、拖拉机零件	2.3~2.6	1.5~2.0	0.4~0.6	<0.12	0.15~0.20	Al 0.008, Bi 0.006~0.01
珠光体可锻铸铁							
KTZ450—06 KTZ550—04	手扶拖拉机 轴承座、插销等	2.4~2.6	1.3~1.5	0.4~0.8	<0.1	<0.2	(片状珠光体组织)

(续)

牌 号	典型零件	化学成分(质量分数)(%)					孕育剂(%)
		C	Si	Mn	P	s	
珠光体可锻铸铁							
KTZ450—06 KTZ550—04	台车车轮、 拖拉机履带等	2.4~2.8	1.0~1.3	0.85~1.2	<0.1	<0.15	(粒状珠光体组织)
KTZ650—02 KTZ700—02	汽车曲轴	2.4~2.8	1.3~1.5	0.4~0.5	<0.07	<0.15	B 0.003, Bi 0.01 (Cu 1.0) (细粒状索氏体组织)
白心可锻铸铁							
KTB300—03 ^①	薄壁铸件	3.2~3.5	0.4~0.5	0.4~0.5	<0.25	<0.25	脱碳剂(%) ^② F70, P30
KTB350—04	薄壁铸件	2.8~3.2	0.4~0.6	0.4~0.6	<0.2	<0.2	F60, P40
KTB400—05	薄壁铸件	2.6~2.8	0.6~0.8	0.6~0.8	<0.15	<0.15	F50, P50

① 未纳标牌号。

② 脱碳剂：F—赤铁矿%；P—建筑砂%。

(3) 中国可锻铸铁的性能与用途(表 6-26)

表 6-26 可锻铸铁的性能与用途

类型	牌 号	性能特点和使用条件	用 途 举 例
黑心可锻铸铁(铁素体可锻铸铁)	KTH300—06	有一定韧性和强度,气密性较好 适用于承受较低静载荷、要求气密性较好的零件	管道配件、弯头、三通、管件、中低压阀门等
	KTH330—08	有一定韧性和强度。自室温至370℃其抗拉强度和屈服强度无明显变化,在低温下强度随温度的降低而增加,切削加工性良好,车削加工优于易切削钢 适用于承受中等动载荷和静载荷下工作的零件	机床:勾型扳手、螺丝扳手 农机:犁刀、犁柱、车轮壳 建筑:窗铁件、销栓配件、脚手架零件、桥梁零件 纺织机械:粗纺机和印花机上的盘头、龙筋、平衡锤、格式链环、拉幅机轧头 输电线路:线夹的本体及压板、楔子、碗头挂板 其他:铁道用扣板、钢丝绳轧头
	KTH350—10 KTH370—12	有较高的韧性和强度,抗振性好。其热疲劳极限与抗拉强度之比(耐久比) σ_{-1}/σ_b 约为0.50,较碳钢和球墨铸铁为高。切削加工性良好。一般不宜焊接 适用于承受较高冲击、振动及扭转载荷下工作的零件	汽车、拖拉机:前后轮壳、差速器壳、转向节壳、制动器、弹簧钢板支座与支架 农机:犁刀、犁柱 其他:铁道用扣板与零件、船用电机壳、冷暖气接头、瓷瓶铁帽