

第 4 章 中外工具钢和硬质合金

4.1 中 国

4.1.1 碳素工具钢

(1) 中国 GB 标准碳素工具钢的钢号与化学成分[GB/T 1298—1986](表 4-1)

表 4-1 碳素工具钢的钢号与化学成分(质量分数)(%)

钢 号	C	Si	Mn	P ≤	S ≤
T7	0.65~0.74	≤0.35	≤0.40	0.035	0.030
T8	0.75~0.84	≤0.35	≤0.40	0.035	0.030
T8Mn	0.80~0.90	≤0.35	0.40~0.60	0.035	0.030
T9	0.85~0.94	≤0.35	≤0.40	0.035	0.030
T10	0.95~1.04	≤0.35	≤0.40	0.035	0.030
T11	1.05~1.14	≤0.35	≤0.40	0.035	0.030
T12	1.15~1.24	≤0.35	≤0.40	0.035	0.030
T13	1.25~1.35	≤0.35	≤0.40	0.035	0.030

注:1. 高级优质钢(带“A”的钢号)磷、硫含量(质量分数): $P \leq 0.030\%$; $S \leq 0.030\%$ 。

2. 钢中残余元素含量(质量分数): $Cr \leq 0.25\%$, $Ni \leq 0.20\%$, $Cu \leq 0.30\%$ 。

3. 用作铅浴钢丝的残余元素含量(质量分数): $Cr \leq 0.10\%$, $Ni \leq 0.12\%$, $Cu \leq 0.20\%$, $Cr + Ni + Cu \leq 0.40\%$ 。

4. 要求检验钢的淬透性时,允许添加少量合金元素。

(2) 中国 GB 标准碳素工具钢的交货硬度与淬火硬度(表 4-2 和表 4-3)

表 4-2 碳素工具钢的交货硬度与淬火硬度

钢 号	交货状态		试样淬火		
	硬度 HBS	压痕直径/mm	淬火温度/°C	冷却介质	硬度 >HRC
T7	≤187	≥4.4	800~820	水	62
T8	≤187	≥4.4	780~800	水	62
T8Mn	≤187	≥4.4	780~800	水	62
T9	≤192	≥4.35	760~780	水	62
T10	≤197	≥4.3	760~780	水	62
T11	≤207	≥4.2	760~780	水	62
T12	≤207	≥4.2	760~780	水	62
T13	≤217	≥4.1	760~780	水	62

注:表中硬度值及淬火工艺摘自 GB/T 1298—86。

表 4-3 碳素工具钢热轧钢板的交货状态与硬度

钢 号	交货状态 ^①	硬度 ^② HBS
T7	退火或高温回火(板厚 0.7~0.15mm)	≤207
T8		≤207
T8Mn		≤207
T9	退火或高温回火(板厚 0.7~0.15mm)	≤223
T10		≤223
T11	退火或高温回火(板厚 0.7~0.15mm)	≤229
T12		≤229
T13		≤229
		≤229

① 按供需双方协议,也可在其他热处理状态下交货,还可经酸洗后交货。

② 表中硬度值摘自 GB/T 3278—1982。

(3) 中国碳素工具钢的性能特点与用途(表 4-4)

表 4-4 碳素工具钢的性能特点与用途

钢 号	性能特点和使用范围	用 途 举 例
T7 T7A	具有较好的韧性和硬度,但切削性能较差,强度较低 适于制作要求适当硬度、能承受冲击载荷并具有较好韧性的各种工具	小尺寸风动工具、瓦工钹子、木工用锯、凿子、钳工工具、冲头、锤子、铁皮剪等 形状简单、承受载荷轻的小型冷作模具、压模、铆钉模及热固性塑料压缩模等
T8 T8A	淬火加热时容易过热,变形也大,塑性与强度较低,热处理后有较高硬度和耐磨性 适于制作要求较高硬度、耐磨、承受冲击载荷不大的各种工具	加工木材的铣刀、埋头钻、平头镗钻、斧子、凿子、手锯条、冲头、台钳牙、锉刀、车刀等 冷镦模、拉伸模、压印模、纸品下料模、热固性塑料压缩模等
T8Mn T8MnA	性能与 T8、T8A 相近,但提高了淬透性,工件可获得较深的淬硬层 适于制作截面较大的工具	可制作 T8、T8A 的各种工具,还可制作横纹锉刀、手锯条、采煤和岩石凿子等
T9 T9A	具有较高的硬度和耐磨性,性能与 T8、T8A 相近 适于制作要求较高硬度且有一定韧性的各种工具	木工工具、锯条、锉刀、丝锥、板牙、农机切割刀片等 冷冲模、冲孔冲头等
T10 T10A	在淬火加热(700~800℃)时,仍能保持细晶粒组织,不致过热。淬火后钢中有未溶的过剩碳化物,增加钢的耐磨性 适于制作要求较高耐磨性、刃口锋利且稍有韧性的工具	加工木材工具、用手横锯及细木工锯、机用细木工工具、麻花钻、车刀、刨刀、铣刀、铰刀、板牙、丝锥、刮刀、锉刀刻纹工具等 冷镦模、冲模、拉丝模、铝合金用冷挤压凹模、纸品下料模、塑料成型模具等
T11 T11A	与 T10、T12 相比,具有较好的综合力学性能,如硬度、耐磨性及韧性等。对晶粒长大及形成碳化物网的敏感性较小 适于制作要求切削时刃口不易变热的工具	丝锥、锉刀、扩孔铰刀、板牙、刮刀、量规、木工工具等 冷镦模、尺寸不大的冷冲模、软材料用切边模等

(续)

钢 号	性能特点和使用范围	用 途 举 例
T12 T12A	钢的碳含量高, 淬火后有较多的过剩碳化物, 因硬度和耐磨性均高, 而韧性低 适于制作不受冲击载荷、切削速度不高、切削刃口不变热的工具	车刀、铣刀、刮刀、钻头、铰刀、扩孔钻、丝锥、板牙、量规、切烟草刀、锉刀等 冷镦模、拉丝模、小截面的冷冲模与切边模、塑料成型模具等
T13 T13A	碳素工具钢中碳含量最高的钢种, 硬度很高, 碳化物增加且分布不均匀, 力学性能差 适于制作不承受冲击载荷的硬金属切削工具	刮刀、锉刀、剃刀、切削工具、拉丝工具、刻纹工具及硬石加工工具等

4.1.2 合金工具钢和塑料模具用钢

(1) 中国 GB 标准合金工具钢[GB/T 1299—2000]

a. 合金工具钢的钢号与化学成分, 见表 4-5。

表 4-5 合金工具钢的钢号与化学成分(质量分数)(%)

钢 号 ^①	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	其他 ^②
量具刀具用钢								
9SiCr	0.85~ 0.95	1.20~ 1.60	0.30~ 0.60	0.95~ 1.25	—	—	—	—
8MnSi	0.75~ 0.85	0.30~ 0.60	0.80~ 1.10	—	—	—	—	—
Cr06	1.30~ 1.45	≤0.40	≤0.40	0.50~ 0.70	—	—	—	—
Cr2	0.95~ 1.10	≤0.40	≤0.40	1.30~ 1.65	—	—	—	—
9Cr2	0.80~ 0.95	≤0.40	≤0.40	1.30~ 1.70	—	—	—	—
W	1.05~ 1.25	≤0.40	≤0.40	0.10~ 0.30	—	0.80~ 1.20	—	—
耐冲击工具用钢								
4CrW2Si	0.35~ 0.45	0.80~ 1.10	≤0.40	1.00~ 1.30	—	2.00~ 2.50	—	—
5CrW2Si	0.45~ 0.55	0.50~ 0.80	≤0.40	1.00~ 1.30	—	2.00~ 2.50	—	—
6CrW2Si	0.55~ 0.65	0.50~ 0.80	≤0.40	1.00~ 1.30	—	2.20~ 2.70	—	—
6CrMnSi2Mo1V	0.50~ 0.65	1.75~ 2.25	0.60~ 1.00	0.10~ 0.50	0.20~ 1.35	—	0.15~ 0.35	—
5Cr3Mn1SiMo1V	0.45~ 0.55	0.20~ 1.00	0.20~ 0.90	3.00~ 3.50	1.30~ 1.80	—	≤0.35	—

(续)

钢号 ^①	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	其他 ^②
冷作模具钢								
Cr12	2.00~ 2.30	≤0.40	≤0.40	11.50~ 13.00	—	—	—	—
Cr12Mo1V1	1.40~ 1.60	≤0.60	≤0.60	11.00~ 13.00	0.70~ 1.20	—	≤1.10	Co≤1.00
Cr12MoV	1.45~ 1.70	≤0.40	≤0.40	11.00~ 12.50	0.40~ 0.60	—	0.15~ 0.30	—
Cr5Mo1V	0.95~ 1.05	≤0.50	≤1.00	4.75~ 5.50	0.90~ 1.40	—	0.15~ 0.50	—
9Mn2V	0.85~ 0.95	≤0.40	1.70~ 2.00	—	—	—	0.10~ 0.25	—
CrWMn	0.90~ 1.05	≤0.40	0.80~ 1.10	0.90~ 1.20	—	1.20~ 1.60	—	—
9CrWMn	0.85~ 0.95	≤0.40	0.90~ 1.20	0.50~ 0.80	—	0.50~ 0.80	—	—
Cr4W2MoV	1.12~ 1.25	0.40~ 0.70	≤0.40	3.50~ 4.00	0.80~ 1.20	1.90~ 2.60	0.80~ 1.10	—
7CrSiMnMoV	0.65~ 0.75	0.85~ 1.15	0.65~ 1.05	0.90~ 1.20	0.20~ 0.50	—	0.15~ 0.30	—
6Cr4W3Mo2VNb	0.60~ 0.70	≤0.40	≤0.40	3.80~ 4.40	1.80~ 2.50	2.50~ 3.50	0.80~ 1.20	Nb0.20~ 0.35
6W6Mo5Cr4V	0.55~ 0.65	≤0.40	≤0.60	3.70~ 4.30	4.50~ 5.50	6.00~ 7.00	0.70~ 1.10	—
热作模具钢								
5CrMnMo	0.50~ 0.60	0.25~ 0.60	1.20~ 1.60	0.60~ 0.90	0.15~ 0.30	—	—	—
5CrNiMo	0.50~ 0.60	≤0.40	0.50~ 0.80	0.50~ 0.80	0.15~ 0.30	—	—	Ni1.40~ 1.80
3Cr2W8V	0.30~ 0.40	≤0.40	≤0.40	2.20~ 2.70	—	7.50~ 9.00	0.20~ 0.50	—
5Cr4Mo3SiMnVA1	0.47~ 0.57	0.80~ 1.10	0.80~ 1.10	3.80~ 4.30	2.80~ 3.40	—	0.80~ 1.20	Al0.30~ 0.70
3Cr3Mo3W2V	0.32~ 0.42	0.60~ 0.90	≤0.65	2.80~ 3.30	2.50~ 3.00	1.20~ 1.80	0.80~ 1.20	—
5Cr4W5Mo2V	0.40~ 0.50	≤0.40	≤0.40	3.40~ 4.40	1.50~ 2.10	4.50~ 5.30	0.70~ 1.10	—
8Cr3	0.75~ 0.85	≤0.40	≤0.40	3.20~ 3.80	—	—	—	—
4CrMnSiMoV	0.35~ 0.45	0.80~ 1.10	0.80~ 1.10	1.30~ 1.50	0.40~ 0.60	—	0.20~ 0.40	—
4Cr3Mo3SiV	0.35~ 0.45	0.80~ 1.20	0.25~ 0.70	3.00~ 3.75	2.00~ 3.00	—	0.25~ 0.75	—

(续)

钢 号 ^①	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	其他 ^②
热作模具钢								
4Cr5MoSiV	0.33~ 0.43	0.80~ 1.20	0.20~ 0.50	4.75~ 5.50	1.10~ 1.60	—	0.30~ 0.60	—
4Cr5MoSiV1	0.32~ 0.42	0.80~ 1.20	0.20~ 0.50	4.75~ 5.50	1.10~ 1.75	—	0.80~ 1.20	—
4Cr5W2VSi	0.32~ 0.42	0.80~ 1.20	≤0.40	4.50~ 5.50	—	1.60~ 2.40	0.60~ 1.00	—
无磁模具钢								
7Mn15Cr2Al3V2WMo	0.65~ 0.75	≤0.80	14.50~ 16.50	2.00~ 2.50	0.50~ 0.80	0.50~ 0.80	1.50~ 2.00	Al 2.30~ 3.30
塑料模具钢								
3Cr2Mo	0.28~ 0.40	0.20~ 0.80	0.60~ 1.00	1.40~ 2.00	0.30~ 0.55	—	—	—
3Cr2NiMo	0.32~ 0.40	0.20~ 0.40	0.60~ 0.80	1.70~ 2.00	0.25~ 0.40	—	—	Ni 0.85~ 1.15

① 钢中磷、硫含量(质量分数): $P \leq 0.030\%$; $S \leq 0.030\%$ 。② 钢中残余元素含量(质量分数): $Cr \leq 0.25\%$, $Ni \leq 0.25\%$, $Cu \leq 0.30\%$; 5CrNiMo 钢经供需双方同意, 允许 $V \leq 0.20\%$ 。

b. 合金工具钢的交货硬度与淬火硬度, 见表 4-6。

表 4-6 合金工具钢的交货硬度与淬火硬度

钢 号	交货状态		试样淬火		
	硬度 HBS	压痕直径/mm	淬火温度/°C	冷却介质	硬度 HRC
9SiCr	241~197	3.9~4.3	820~860	油	62
8MnSi	≤229	≥4.0	800~820	油	60
Cr06	241~187	3.9~4.4	780~810	水	64
Cr2	229~179	4.0~4.5	830~860	油	62
9Cr2	217~179	4.1~4.5	820~850	油	62
W	229~187	4.0~4.4	800~830	水	62
4CrW2Si	217~179	4.1~4.5	860~900	油	53
5CrW2Si	255~207	3.8~4.2	860~900	油	55
6CrW2Si	285~229	3.6~4.0	860~900	油	57
6CrMnSi2Mo1V	≤229	≥4.0	885~900	油	58
5Cr3Mn1SiMo1V	≤229	≥4.0	940~955	空冷	56
Cr12	269~217	3.7~4.1	950~1000	油	60

(续)

钢 号	交货状态		试样淬火		
	硬度 HBS	压痕直径/mm	淬火温度/°C	冷却介质	硬度 HRC
Cr12Mo1V1	≤255	≥3.8	①		59
C12MoV	255~207	3.8~4.2	950~1000	油	58
Cr5Mo1V	≤255	≥3.95	②		60
9Mn2V	≤229	≥4.0	780~810	油	62
CrWMn	255~207	3.8~4.2	800~830	油	62
9CrWMn	241~197	3.9~4.3	800~830	油	62
Cr4W2MoV	≤269	≥3.7	960~980 1020~1040	油	60
7CrSiMnMoV	241~217	3.9~4.1	880~900 (火焰淬火)	空冷	60
6Cr4W3Mo2VNb	≤255	≥3.8	1100~1160	油	60
6W6Mo5Cr4V	≤269	≥3.7	1180~1200	油	60
5CrMnMo	241~197	3.9~4.3	820~850	油	60
5CrNiMo	241~197	3.9~4.3	830~860	油	60
3Cr2W8V	255~207	3.8~4.2	1075~1125	油	60
5Cr4Mo3SiMnVA1	≤255	≥3.8	1090~1120	油	60
3Cr3Mo3W2V	≤255	≥3.8	1060~1130	油	60
5Cr4W5Mo2V	≤269	≥3.7	1100~1150	油	60
8Cr3	255~207	3.8~4.2	850~880	油	60
4CrMnSiMoV	241~197	3.9~4.3	870~930	油	60
4Cr3Mo3SiV	≤229	≥4.0	③	—	60
4Cr5MoSiV	≤235	≥3.95	④	—	60
4Cr5MoSiV1	≤235	≥3.95	④	—	60
4Cr5W2VSi	≤229	≥4.0	1030~1050	油,空	60
7Mn15Cr2Al3V2WMo	—	—	⑤	—	45
3Cr2Mo	330~280	(预硬化)	—	—	—
3Cr2NiMo	330~280	(预硬化)	—	—	—

① Cr12Mo1V1: 820°C 预热, 1000°C (盐浴) 或 1010°C (炉控气氛) 加热, 保温 10~20min 空冷, 200°C 回火。

② Cr5Mo1V: 790°C 预热, 940°C (盐浴) 或 950°C (炉控气氛) 加热, 保温 5~15min 空冷, 200°C 回火。

③ 4Cr3Mo3SiV: 790°C 预热, 1010°C (盐浴) 或 1020°C (炉控气氛) 加热, 保温 5~15min 空冷, 550°C 回火。

④ 4Cr5MoSiV 和 4Cr5MoSiV1: 790°C 预热, 1000°C (盐浴) 或 1010°C (炉控气氛) 加热, 保温 5~15min 空冷, 550°C 回火。

⑤ 7Mn15Cr2Al3V2WMo: 1170~1190°C 固溶, 水 650~700°C 时效, 空冷。

c. 合金工具钢的性能特点与用途,见表 4-7。

表 4-7 合金工具钢的性能特点和用途

钢 号	性能特点	用途举例
9SiCr	是用途广泛的低合金工具钢,其淬透性、淬硬性较高,回火稳定性较好,优于碳素工具钢和铬工具钢。适用于分级淬火、等温淬火,热处理时变形小;因含 Si,脱碳倾向较大	常用于制造形状复杂、变形小、耐磨性高的低速切削刀具,如钻头、丝锥、板牙、铰刀、齿轮铣刀、拉刀等;也可用作冷作模具,如冷冲模、打印模,还用作冷轧辊、校正辊等
8MnSi	其淬透性、韧性和耐磨性均优于碳素工具钢	常用作木工工具如凿子、锯条,以及小尺寸热锻模和冲头、热压锻模、螺栓、道钉冲模、拔丝模、冷冲模;还用作穿孔器与扩孔器工具及切削工具
Cr06	与 Cr2 和 9Cr2 相比,其碳含量最高, Cr 含量最低,淬火后硬度和耐磨性都很高,刃口锋利,但较脆	大多冷轧成薄钢带后使用,常用于制作剃须刀片、手术刀具,也可用作刮刀、锉刀、刻刀等
Cr2	淬火后的硬度和耐磨性都很高,淬火变形不大,但高温塑性差	常用于低速、走刀量小、加工材料硬度不高的切削刀具,如车刀、铣刀、插刀、铰刀等;还用于冷作模具、拉丝模、冷轧辊,以及量具、量规、样板、偏心轮、钻套等
9Cr2	性能与 Cr2 基本相似,因碳含量稍低,其韧性较 Cr2 好	主要用作冷轧辊、冷冲模及冲头、钢印冲孔凿、木工工具等
W	淬火后的硬度和耐磨性较碳素工具钢好,热处理变形小,水淬不易开裂,回火稳定性较好	常用于工作温度不高、切削速度不大的刀具,如小型麻花钻、丝锥、板牙、铰刀、辊式刀具等
4CrW2Si	高温时有较好的强度和硬度,回火后有较高的韧度	用于高冲击载荷下操作的工具,如风动工具、冲裁切边复合模、冲模等冲剪工具,以及部分小型热作模具,如中应力热锻模、受热低的压铸模等
5CrW2Si	性能与 4CrW2Si 相近,回火后有较高的韧度,有一定的淬透性和高温力学强度,热处理时对脱碳、变形和开裂的敏感性不大	用于手动和风动凿子、空气锤工具、铆钉工具、重振动的切割器、冷冲裁和切边用凹模;也用于热作工具,如热冲孔和穿孔工具、热剪切模、热锻模、易熔合金的压铸模等
6CrW2Si	与 4CrW2Si 和 5CrW2Si 相比,具有较高的淬火硬度和一定的高温强度	常用于承受冲击载荷且要求耐磨性高的工具,如风动工具、凿子、冲击模具、铸造精整工具等;也用于热作工具,如生产螺钉和热铆的冲头、高温压铸轻合金的顶头、热锻模等

(续)

钢 号	性能特点	用途举例
Cr12	应用广泛的冷作模具钢,具有较高的强度、淬透性和耐磨性,淬火变形小;但冲击韧度较差,易脆裂,易形成不均匀的共晶碳化物,导热性与高温塑性也较差	常用于制造承受冲击载荷小和耐磨性高的冷冲模、冲头、冷剪切刀、冷轧辊、钻套和拉丝模,以及量规、样板、凸轮销、偏心轮等
Cr12Mo1V1	国际上广泛应用的冷作模具钢,属莱氏体钢。具有高的淬透性、淬硬性和耐磨性;热处理变形小,高温抗氧化性能、淬火与抛光后抗锈蚀性能良好	用于制造各种高精度、长寿命的冷作模具、刀具和量具,如形状复杂的冲孔凹模、冷挤压模、冷剪切刀、搓丝板、滚丝轮等
Cr12MoV	淬透性高,截面为300~400mm以下的工件可完全淬透,其淬火回火后的硬度、强度、韧性均比Cr12高,耐磨性和塑性也较好,变形小,但高温塑性差	用于制造截面较大、形状复杂、经受较大冲击载荷的各种工模具,如各种冲孔凹模,切边模、钢板拉伸模、滚边模、拉丝模、缝口模、螺纹搓丝板、冷挤压模、冷切剪刀、圆锯片、标准工具、量具等
Cr5Mo1V	相当于美国A2钢,具有良好的空淬性能,空淬尺寸变形小,韧性比9Mn2V、Cr12均好,碳化物均匀细小,耐磨性好	用于制造韧性好、耐磨性高的冷作模具,如成型模、下料模、冲头、冷冲裁模等
9Mn2V	经济型冷作工具钢,价格不高而综合力学性能优于碳素工具钢,具有较高硬度和耐磨性,淬透性好,淬火后变形小,过热敏感性低	用于制作各种精密量具、样板、块规、板牙;也用于要求变形小、耐磨性高的精密丝杠、磨床主轴,以及尺寸较小的冲模、冷压模、雕刻模、落料模等
CrWMn	用途广泛的微变形钢,淬透性好,变形小,淬火低温回火后有高的硬度、耐磨性和尺寸稳定性,且韧性较好,缺点是易形成网状碳化物	用于制造量规及形状复杂、高精度的冷冲模;也用于制作要求变形小、长而形状复杂的切削刀具,如拉刀、长丝锥、长铰刀、专用铣刀等
9CrWMn	性能与CrWMn相近,但由于碳含量稍低,碳化物偏析比CrWMn好些,因而力学性能更好,但热处理后硬度稍低	用于制作形状复杂、高精度的冷冲模,以及各种量规量具等
Cr4W2MoV	新型中合金冷作模具钢,共晶化合物颗粒细小,分布均匀,具有较高的淬透性和淬硬性,且有较好的综合力学性能、耐磨性和尺寸稳定性	用于制造冷冲模、冷挤凹模、落料模、搓丝板等
7CrSiMnMoV	火焰淬火冷作模具钢,具有较好的淬透性,淬火温度范围宽,过热敏感性小,淬火后获得较高的表面硬度、耐磨性和良好的韧性,热处理变形小	用于大型镶块模具、下料模、冲头、成形模、拉伸模、冷冲模、胶木模、陶土模、剪刀刃、切纸刀、轧辊以及机床导轨镶条等

(续)

钢 号	性能特点	用途举例
6Cr4W3Mo2VNb	基体钢类型高强韧性冷作模具钢, 具有高强度、高硬度, 且韧性好, 又有较高的疲劳强度	用于制造冲击载荷及形状复杂的冷作模具、冷挤压模具、冷镦模具、螺钉冲头、冷冲模、冷剪模等
6W6Mo5Cr4V	低碳高速钢类型冷作模具钢, 有较好的淬透性, 并具有高硬度、高耐磨性、高强度和良好的红硬性, 且韧性好	用于制造高冲击载荷下抗磨损的模具、冷挤压模具、拉深模具、冷镦模、成形模、冷冲模、冲头等
5CrMnMo	不含镍的热作模具钢, 性能与5CrNiMo相近, 淬透性稍差; 此钢具有良好的韧性、强度和耐磨性, 对回火脆性不敏感	用于形状简单的小型锻压模具, 如模锻锤用模块等(边长 $\leq 300\sim 400\text{mm}$)
5CrNiMo	具有良好的韧性、强度和耐磨性, 并有良好的淬透性, 在高温下的韧性及耐热疲劳性高于5CrMnMo	国内已广泛用于各种中、大型锤锻模, 但近年认为不宜用于制造大型、复杂的和工作温度较高的重载荷模具
3Cr2W8V	属莱氏体钢, 在高温下有较高的硬度, 但其韧性和塑性较差, 淬透性中等, 截面厚度 $\leq 80\text{mm}$ 可淬透; 此钢相变温度较高, 耐热疲劳性良好	用于作高温、高应力但不受冲击载荷的凸模、凹模, 如平锻机上的凸凹模、镶块、铜合金挤压模、压铸用模具; 还可作高温下工作的热剪切刀等
5Cr4Mo3SiMnVA1	基体钢类型冷热两用的新型工模具钢, 淬透性和淬硬性均较好, 作为热作模具钢, 具有较高的高温强度和较优良的耐热性、冷热疲劳性; 作为冷作模具钢, 具有较高的韧性	用于标准件行业和轴承行业的热挤压模, 以及冷镦模、冲孔凹模等, 可以代替3Cr2W8V、Cr12MoV使用
3Cr3Mo3W2V	具有良好的冷热加工性能, 较高的热强性、热疲劳性能, 良好的耐磨性和抗回火稳定性, 并有一定的耐冲击抗力, 淬硬性较好	用于锻模、精锻模、辊锻模具、压力机用模具等热作模具
5Cr4W5Mo2V	新型的热作模具钢, 具有较高的热硬性、高温强度和较高的耐磨性、抗回火稳定性及一定的冲击韧度, 可进行一般热处理或等温热处理与化学热处理	常用于制造热挤压模具, 可暂代3Cr2W8V, 也用于制作精锻模、热冲模等
8Cr3	具有较好的淬透性, 一定的室温和高温强度, 形成细小的碳化物且均匀分布, 耐磨性能较好	常用于冲击振动较小的、工作温度低于 500°C 的耐磨损的模具, 如热冲裁模、热切边模、热顶锻模、成形冲模、热弯曲模等
4CrMnSiMoV	具有较高的高温力学性能, 耐热疲劳性能好, 可代替5CrNiMo使用	用于制作锤锻模、压力机锻模、校正模、热弯曲模等

(续)

钢号	性能特点	用途举例
4Cr3Mo3SiV	具有较高的淬透性和高温硬度,以及优良的韧性,可代替 3Cr2W8V 使用	用于制作热挤压模、热锻模、热冲模等
4Cr5MoSiV	空冷硬化型热作模具钢,淬透性好,在中温($\approx 600^{\circ}\text{C}$)条件下具有较好的热强度、热疲劳性能和一定的耐磨性,选用较低的淬火温度空淬,热处理变形小	常用于制造铝合金压铸模、热挤压模、螺栓模、热切边模、锤锻模、压力机锻模、塑料模具,以及穿孔用工具与芯棒等
4Cr5MoSiV1	广泛使用的空冷硬化型热作模具钢,与 4Cr5MoSiV 相比,此钢具有较高的热强度和硬度,在中温条件下具有良好的韧性、热疲劳性能和一定的耐磨性,并且淬透性高,热处理变形小	广泛用于热挤压模具与芯棒、模锻锤的锻模、高速精锻用模具镶块、锻造压力机模具,以及铝合金压铸模等
4Cr5W2VSi	空冷硬化型热作模具钢,在中温下具有较高的硬度和热强度,良好的韧性、耐磨性和热疲劳性能	用于锻压模具、热挤压模具与芯棒、冲头、零部件成型用高速锤锻模,以及铝、锌等轻金属的压铸模等
7Mn15Cr2Al3V2WMo	高 Mn-V 系无磁钢,此钢在各种状态下都能保持稳定的奥氏体,且有非常低的磁导率,高的硬度、强度,较好的耐磨性,但切削加工性差	用于制造无磁模具、无磁轴承以及其他要求在强磁场中不产生磁感应的结构零件,也用于 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ 使用的热热作模具
3Cr2Mo	广泛应用的预硬化型塑料模具钢,也称 P20,综合力学性能良好,淬透性高,较大截面的钢材能获得较均匀的硬度,且有良好的抛光性能;此钢经预硬化后,再经冷加工制造成模具,可直接使用	用于制造大、中型的和精密的塑料模具,也用于低熔点合金(如锡、锌、铝合金)的压铸模
3Cr2NiMo	广泛应用的预硬化型塑料模具钢,俗称 P20+Ni,意即 P20 钢添加 Ni 的改良型牌号。该钢具有高的淬透性,良好的抛光性能、电火花加工性能和皮纹加工性能;经预硬化后,再经冷加工制造成模具,可直接使用	用于制造大型、特大型塑料模具和精密的塑料模具,也用于低熔点合金的压铸模

(2) 中国 YB 标准塑料模具用扁钢〔YB/T 094—1997〕和热轧厚钢板〔YB/T 107—1997〕

a. 塑料模具用钢的钢号与化学成分,见表 4-8。

表 4-8 塑料模具用钢的钢号与化学成分(质量分数)(%)

钢 号 ^①	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Ni	Mo	其他
塑料模具用扁钢									
SM45	0.42~0.48	0.17~0.37	0.50~0.80	0.030	0.030	—	—	—	—
SM50	0.47~0.53	0.17~0.37	0.50~0.80	0.030	0.030	—	—	—	—
SM55	0.52~0.58	0.17~0.37	0.50~0.80	0.030	0.030	—	—	—	—
SM1CrNi3	0.05~0.15	0.10~0.40	0.35~0.75	0.030	0.030	1.25~1.75	3.25~3.75	—	—
SM3Cr2Mo	0.28~0.40	0.20~0.80	0.60~1.00	0.030	0.030	1.40~2.00	—	0.30~0.55	—
SM3Cr2Ni1Mo	0.32~0.42	0.20~0.80	1.00~1.50	0.030	0.030	1.40~2.00	0.80~1.20	0.30~0.55	—
SM2CrNi3MoAl1S	0.20~0.30	0.20~0.50	0.50~0.80	0.030	0.100	1.20~1.80	3.00~4.00	0.20~0.40	Al 1.00~1.60
SM4Cr5Mo6SiV	0.33~0.43	0.80~1.25	0.20~0.60	0.030	0.030	4.75~5.50	—	1.10~1.60	V 0.30~0.60
SM4Cr5MoSiV1	0.32~0.45	0.80~1.25	0.20~0.60	0.030	0.030	4.75~5.50	—	1.10~1.75	V 0.80~1.20
SMCr12Mo1V1	1.40~1.60	0.10~0.60	0.10~0.60	0.030	0.030	11.0~13.0	—	0.70~1.20	V 0.50~1.10
SM2Cr13	0.16~0.25	≤1.00	≤1.00	0.030	0.030	12.0~14.0	②	—	—
SM3Cr17Mo	0.28~0.35	≤0.80	≤1.00	0.030	0.030	16.0~18.0	②	0.75~1.25	—
SM4Cr13	0.35~0.45	≤0.60	≤0.80	0.030	0.030	12.0~14.0	②	—	—
塑料模具用热轧厚钢板									
SM45	0.42~0.48	0.17~0.37	0.50~0.80	0.030	0.030	—	—	—	—
SM48	0.45~0.51	0.17~0.37	0.50~0.80	0.030	0.030	—	—	—	—
SM50	0.47~0.53	0.17~0.37	0.50~0.80	0.030	0.030	—	—	—	—
SM53	0.50~0.56	0.17~0.37	0.50~0.80	0.030	0.030	—	—	—	—
SM55	0.52~0.58	0.17~0.37	0.50~0.80	0.030	0.030	—	—	—	—
SM3Cr2Mo	0.28~0.40	0.30~0.70	0.60~1.00	0.030	0.030	1.40~2.00	—	0.30~0.55	—
SM3 Cr2Ni1Mo	0.30~0.40	0.30~0.70	1.00~1.50	0.030	0.030	1.40~2.00	0.80~1.20	0.30~0.55	—

① 钢号冠以 SM, 表示塑料模具专用钢种。

② 允许含 $w(\text{Ni}) \leq 0.60\%$ 。

b. 塑料模具用扁钢的交货硬度与淬火、回火硬度,见表4-9和表4-10。

表4-9 塑料模具用扁钢的交货硬度与淬火、回火硬度

钢号	退火硬度 ≤HBS	淬火、回火工艺				淬回火硬度 HRC
		淬火温度/°C	冷却剂	回火温度/°C	冷却剂	
SM45		一般以热轧状态交货,155~215HBS				—
SM50		一般以热轧状态交货,165~235HBS				—
SM55		一般以热轧状态交货,170~230HBS				—
SM1CrNi3	212	— ^①	—	— ^①	—	— ^①
SM3Cr2Mo	235	850~880	油	550~600	空冷	30
SM3Cr2NiMo	250	850~880	油	550~650	空冷	32
SM2CrNi3MoAl1S	235	850~900	油	510~530 ^②	空冷	40
SM4Cr5MoSiV	235	1000~1200	空淬	540~560 ^③	空冷	53
SM4Cr5MoSiV1	235	1000~1200	空淬	540~560 ^③	空冷	53
SMCr12Mo1V1	255	1000~1200	空淬	190~210	空冷	59
SM2Cr13	223	920~980	油	600~750	空冷	(129) ^④
SM3Cr17Mo	223	1000~1050	油	200~300	空冷	43
SM4Cr13	201	1050~1100	油	200~300	空冷	50

① 渗碳钢不进行淬回火硬度试验。

② 时效时间为8~10h。

③ 回火两次。

④ 布氏硬度值 HBS。

表4-10 有特殊要求的塑料模具用扁钢的力学性能^①

钢号	推荐的热处理制度	σ_b	σ_s	δ_5	ψ	A_{KU}
		/MPa	/MPa	(%)	(%)	/J
		(不小于)				
SM45	820~870°C 空冷	600	355	16	40	—
SM50	810~860°C 空冷	630	375	14	40	—
SM55	800~850°C 空冷	645	380	13	35	—
SM3Cr2Mo	850~880°C 油冷 + 550~650°C 空冷	960	800	10	35	40
SM3Cr2Ni1Mo	850~880°C 油冷 + 550~650°C 空冷	980	800	10	35	45
SM2Cr13	920~980°C 油冷 + 600~750°C 空冷	635	400	20	50	63

① 以预硬化状态交货的钢材力学性能试样不再进行热处理,其性能指标由供需双方协定。

c. 塑料模具用热轧厚钢板的交货硬度与力学性能,见表4-11。

表4-11 塑料模具用热轧厚钢板的交货硬度与力学性能

钢号	交货硬度 HBS	推荐的热处理制度	σ_b	σ_s	δ_5	A_{KU} ^①
			/MPa	/MPa	(%)	/J
			(不小于)			
SM45	155~210	850°C 油冷 + 560°C 空冷	600	355	16	35
SM48	160~215	850°C 油冷 + 560°C 空冷	610	365	14	35
SM50	165~220	850°C 油冷 + 560°C 空冷	630	375	14	35
SM53	170~225	850°C 油冷 + 560°C 空冷	640	380	13	35
SM55	175~230	850°C 油冷 + 560°C 空冷	650	385	13	35
SM3Cr2Mo	≤230	850°C 油冷 + 560°C 空冷	960	660	15	45
SM3Cr2Ni1Mo	≤250	850°C 油冷 + 560°C 空冷	980	680	15	45

① 纵向试样,室温测定值。

(3) 中国研制开发的模具钢

a. 中国研制开发的模具钢牌号与主要化学成分,见表4-12。

(续)

代号或简称	按中国 GB 标准 表示的模具钢钢号	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	其他
热作模具钢									
RM2	5Cr4W5Mo2V ^①	0.40~0.50	≤0.40	≤0.40	3.40~4.40	1.50~2.10	4.50~5.30	0.70~1.10	—
TM	4Cr3Mo2WVMn	0.35~0.44	0.20~0.40	0.90~1.20	2.40~2.80	1.80~2.20	1.00~1.30	1.00~1.30	—
Y4	4Cr3Mo2MnVNbB	0.40	0.40	2.20	2.90	1.10~2.10	—	1.10	S 0.002; P 0.024; +B, Nb(微量)
Y10	4Cr5Mo2MnVSi	0.30~0.40	1.20	0.90~2.00	4.90	0.90~2.10	—	1.10	S 0.009; P 0.025; +Ni(微量)
ZDM2	3Cr3Mo2WV	0.25~0.40	0.6~1.0	≤0.80	2.5~3.8	1.0~2.0	0.5~1.2	0.5~1.2	P ≤0.03; S ≤0.03
塑料模具钢									
5NiSCa	5CrNiMnMoVSCa	0.50~0.60	—	0.80~1.20	0.80~1.20	0.30~0.60	—	0.15~0.30	Ni 0.80~1.20; S 0.06~0.15; Ca 0.002~0.008
8CrMn	8CrMnWMoVS	—	—	—	—	—	—	—	—
B25	—	≤0.40	≤0.50	≤2.00	—	—	—	—	—
B30	—	≤0.30	≤0.50	≤2.00	≤0.80	≤0.50	—	≤0.20	—
LJ	—	≤0.08	≤0.20	≤0.30	3.50	0.40	—	0.12	Ni 0.50
PCR	0Cr16Ni4Cu3Nb	—	—	—	—	—	—	—	—
PMS	1Ni3Mn2MoAlCu	0.06~0.20	≤0.35	1.40~1.70	—	0.20~0.50	—	—	Ni 2.80~3.40; Al 0.70~1.20 Cu 0.80~1.2 Ni 1.30; S 0.12 Ni 3.30; Al 1.30
S-136	4Cr13	0.40	0.40	0.30	13.0	—	—	—	—
SM1	Y55CrNiMnMoV	0.55	—	1.00	1.00	0.40	—	0.20	—
SM2	20CrNi3AlMnMo	0.20	—	1.00	1.00	0.40	—	—	—
其他模具材料									
WCG	无磁模具钢	0.80	—	15.0	18.0	—	—	—	—
HG761	高温合金	0.05	—	—	13	1.6	3.0	—	Ni 43; Al 1.6; Ti 3.3; Ce 0.03
GT	钢结硬质合金	0.50	—	—	2.0	2.0	—	—	TiC 35
TLMW50	钢结硬质合金	0.5	—	1.25	1.75	—	—	—	WC 50

① 已纳入 GB 标准, 见 GB/T 1299—2000。

b. 中国研制开发的模具钢简介,见表 4-13。

表 4-13 中国研制开发的模具钢简介

代号或简称	牌 号 简 介
65Nb	基体钢类型的高强韧性冷作模具钢,华中理工大学等单位研制。钢的平均碳含量为 $w(C)$ 0.65%,曾用钢号 65Cr4W3Mo2VNB 表示,故简称 65Nb,以突出其碳含量和 Nb 含量的特点。该钢号已纳标,见 GB/T 1299—2000,6Cr4W3Mo2VNB(4-4 页)
6W6	低碳型高速钢用于冷作模具钢,钢铁研究总院、大冶钢厂等单位研制。6W6 钢较常用的 6-5-4-2 高速钢(W6Mo5Cr4V2)的碳、钒含量均低,具有较高的韧性,主要用于钢铁冷挤压模具。该钢号已纳标,见 GB/T 1299—2000,6W6Mo5Cr4V(4-4 页)
8Cr2S	易切削精密冷作和塑料模具兼用的新型模具钢,华中理工大学、首钢特钢公司等单位研制。该钢号采用多元合金化,淬透性好,热处理变形小,合金含量低,经济性良好;提高硫含量以改善切削加工性是其特点。在《冲模用钢及其热处理技术条件》(JB/T 6058)文件中推荐了该钢号。
CH-1	火焰淬火型冷作模具钢,首钢特钢公司研制。CH-1 钢具有较好的淬透性,淬火温度可在 100~150°C 范围内波动,淬火后都能获得较好的综合力学性能和表面硬度,淬火后工件热处理变形小。该钢号已纳标,见 GB/T 1299—2000,7CrSiMnMoV(4-4 页)
ER5	高铬冷作模具钢,上海材料研究所研制。该钢号具有高耐磨性和高冲击韧性
GD	高强韧性低合金冷作模具钢,取“高、低”(Gao,Di)两个汉语拼音字头为其代号,华中理工大学研制。GD 钢类似于美国(ASTM)的 L6,俄罗斯(ГОСТ)的 7XГ2BMΦ 和德国(DLN)的 75CrMoNiW6-7 等,在《冲模用钢及其热处理技术条件》(JB/T 6058)文件中推荐了该钢号
GM	高耐磨性冷作模具钢,取“高、磨”(Gao,Mo)两个汉语拼音字头为其代号,华中理工大学研制。GM 钢与 ERS 钢属于同一类型,具有高硬度,接近高速钢,优于高 Cr 钢和基体钢,其冲击韧度优于高速钢和高 Cr 钢
ICS	高耐磨性冷作模具钢,上海钢铁研究所研制。ICS 钢的硬度高、耐磨性好,反印性能优良。适用于翻印模等
LD (LD-1)	高强韧性冷作模具钢,按其用途而取“冷墩”(Leng Dun)两个汉语拼音字头为其代号,上海材料研究所研制。LD 原为系列钢号,分 LD-1,LD-2…等,但在实际应用中以 LD-1 为最佳,其余未推广应用,故仍用 LD 代号表示。该钢在保持较高韧性的情况下,其抗压强度,抗弯强度、耐磨性等较 65Nb 优,在上述的 JB/T 6058 文件中推荐了该钢号
LD-2	属 LD 系列钢号之一,上海材料研究所研制。该钢是在 LD-1 钢基础上对 Mo 含量稍作提高,为基体钢类型的模具钢,耐磨性好,也用作塑料模具钢
012Al	基体钢类型的热作模具钢,贵阳钢厂研制。该钢中加入 Al,提高了韧性和塑性,其冷热疲劳性能优于 3Cr2W8V 钢。012Al 钢已纳标,见 GB/T 1299—2000,5Cr4Mo3SiMnVAl(4-4 页)
50Nb	热挤压模具钢,华中理工大学等单位研制。它是同类型 50Si 钢(5Cr4W3Mo2VSi)的改进型,为突出 Nb 的作用而取名。50Nb 钢具有高淬透性和热稳定性,比 3Cr2W8V 的性能更优良

(续)

代号或简称	牌 号 简 介
CG-2	热作、冷作兼用的模具钢,上海钢铁研究所研制,贵阳钢厂试生产。该钢具有良好的强韧性、耐磨性和热疲劳抗力大等特点,可代替 3Cr2W8V 钢。CG-2 钢还可以氮碳共渗(软氮化)处理,以强化其性能,提高模具寿命
CH95	具有良好热强性的热作模具钢,上海交通大学机械学院研制。该钢主要用于精锻模具
ER8	空冷硬化热作模具钢,上海材料研究所研制。该钢是在欧洲热销的 QRO80 模具钢基础上改良开发的新型钢种,具有良好的热强性、热硬性、耐磨性以及高的冲击韧性和抗冷热疲劳性,并具有高的抗热振性
GR	具有良好热强性的热作模具钢,上海材料研究所研制。该钢主要用于加工高温合金的热锻压模具,如热锻模、热冲模、热挤压模等
HD(HD2)	马氏体热作模具钢,华中理工大学等研制。HD2 钢是 HD 钢的改进型,在保持 HD 钢高强度条件下,进一步提高韧性获得良好的室温与高温力学性能,并具有良好的热稳定性及工艺性能,适用于钢管热挤压的穿孔针
HM-1	高强韧性热作模具钢,北京机电研究所、首钢特钢公司研制。该钢是参照国际标准 ISO4957 的 30CrMo3 钢和英国 BS4659 的 BH10 钢并进行改进的钢种,具有高的强韧性和抗冷热疲劳性,热稳性好。HM-1 钢已纳标,见 GB/T1299—2000,3Cr3Mo3W2V(见 4-4 页)
HM-3	高强韧性热作模具钢,北京机电研究所研制。该钢是参照美国(AISI)H10 钢和俄罗斯(ГОСТ)3x3M3Φ 钢的改进型钢种,与 HM-1 相类似。HM-3 钢中加入 Nb 起强化作用
JCD	铸造热锻模具钢,吉林工业大学研制。该钢具有良好的综合性能,其抗冷热疲劳性、回火稳定性与热稳定性等均优于 5CrMnMo 钢。适用于热锻模具,不用改锻,材料利用率高。但该钢在文献上介绍的化学成分范围太宽,影响推广
RM2	热挤压模具钢,北京机电研究所,第一汽车制造厂研制。该钢可代替 3Cr2W8V 钢,模具寿命可提高数倍。RM2 钢已纳标,见 GB/T 1299—2000,5Cr4W5Mo2V(见 4-4 页)
Y4	主要用于铜合金压铸模具,也可用于中小型压力机模具和热挤压模具等。该钢由上海材料研究所研制,Y 是压铸的“压”(Ya)字的拼音字头,Y4 表示压铸模具钢 4 号。该钢具有高的热强性及热稳定性,并有良好的韧性、导热性及工艺性能
Y10	铝合金压铸模具钢,上海材料研究所研制,Y10 表示压铸模具钢 10 号。与 3Cr2W8V 钢相比,该钢具有抗冷热疲劳性能好,热处理变形小,抗铝溶损性能好等优点
ZDM-2	铸造锻模钢,武汉机械工艺研究所等单位研制。该钢具有良好的淬透性,较高的回火稳定性,较好的抗冷热疲劳性能和耐磨性能;其抗拉强度和断裂韧性较高,但常温冲击韧度较差,当加热至 200℃ 时,α _K 值明显增加。用于陶瓷型精铸模具
5NiSCa	预硬化型易切削塑料模具钢,华中理工大学等单位研制。该钢应用 S-Ca 复合元素改善切削加工性,有良好的镜面抛光性,适于制造中、大型热塑料注射模。预硬化后硬度 35~45HRC。在前述的 JB/T 6057 文件中推荐了该钢号