



飞机设计手册

《飞机设计手册》总编委会 编

材料

(上)

航空工业出版社

第 1 篇 金属材料

第 1 章 结构钢

在航空工业中结构钢主要用于制造飞机结构的受力构件、连接件、紧固件和弹性元件等。

结构钢具有高的比强度,良好的疲劳性能和工艺性能,且价格低廉,在飞机设计中得到广泛应用。

本章选用我国军、民机设计中常用的优质碳素钢、合金结构钢、弹簧钢、铸钢、工具钢和轴承钢,共 6 大类,29 个牌号。介绍了每个牌号材料的特性及实际应用,给出了物理、力学和工艺性能,指出了使用中应注意的要点,有的还给出了 A 基值和 B 基值,供设计选材使用。

1 优质碳素钢

优质碳素钢对硫、磷等有害元素含量限制较严格,所以比普通碳素钢具有较高的性能。航空工业中优质碳素钢主要用于制造强度要求较低,工作条件不太苛刻的构件。低碳钢通常不进行热处理,以退火或高温回火状态供应和使用;中碳钢通常都在正火状态使用,只有力学性能要求较高的小零件才采用调质处理,一般不宜在冷拉状态使用。录入的优质碳素结构钢有 08F、10、15、20、25、45。

2 合金结构钢

航空工业中使用的结构钢主要是低合金结构钢即合金元素含量在 5% 以内的合金钢。低合金结构钢可分为表面硬化钢、低合金高强度钢和低合金超高强度钢。

表面硬化钢是指渗碳钢、渗氮钢和碳氮共渗钢。用这类钢制造的零件经一定的表面热处理后,得到坚硬耐磨的表面层和塑性、韧性适当的心部组织。主要用于制造旋转轴、重要齿轮、活塞及其他要求表面耐磨而心部有良好塑性和韧性配合的零件。录入的表面硬化钢有 12CrNi3A、18Cr2Ni4WA。

低合金高强度钢有良好的综合力学性能,如高的屈强比和塑性,较低的脆性转变温度和高的疲劳性能。这类钢热成形性、切削加工性较好,焊接性能随含碳量及合金元素的不同有较大差异。主要用于制造要求强度高、韧性好的零件。录入的低合金高强度钢有 18Mn2CrMoBA、40CrA、40CrNiMoA、30CrMnSiA。

拉伸强度大于 1400MPa 的钢为超高强度钢,其主要特点是有很高的强度和足够的韧性,比强度高,能承受很大的工作应力,可减轻结构重量,用于制造重要的受力构件,如机翼主梁、对接接头、结合螺栓、起落架等。录入的低合金超高强度钢有 30CrMnSiNi2A、40CrMnSiMoVA、40CrNi2Si2MoVA、38Cr2Mo2VA。38Cr2Mo2VA 钢是低合金中温超高强度钢,用于制造在 500℃ 以下工作的高强度结构零件。

3 弹簧钢

弹簧钢分为碳素弹簧钢和合金弹簧钢,一般碳素弹簧钢含碳量为 0.6%~0.9%,合金弹簧钢的含碳量为 0.45%~0.75%。碳素弹簧钢在冷拉状态使用,合金弹簧钢在淬火加中温回

火状态使用。录入的弹簧钢有 70、65Mn、60Si2MnA、65Si2MnWA、50CrVA、T7A、T9A。

4 铸钢

铸钢的结晶组织存在着不均匀性和各种缺陷,所以它的强度和韧性比同成分的轧材和锻件低一些。铸钢也有其特点,如能成形结构复杂的零件,受尺寸和重量限制较小,原材料的利用率高,成本低等。航空工业中铸钢主要用于制造形状复杂的中等受力构件。录入的铸钢有 ZG25、ZG45、ZG22CrMnMo、ZG27CrMnSiNi、ZG35CrMnSi。

此外,还录入了航空工业中常用的轴承钢 GCr15。

1.1 材料的分类、牌号及标准

结构钢材料的分类、牌号及标准见表 1-1。

表 1-1 结构钢的分类、牌号及标准

分 类	牌 号	棒 材	板 材	型 材	管 材	丝 材	锻 件	铸 件
碳素结 构钢	08F	GB699	GB710 GB711 GB3526(带) GB13237			GB3083 GB3206		
	10	GB699 GB3078 YB674	GB710 GB711 GB3526(带) GB13237		GB3639 YB676	GB3083 GB3206 GB5953	HB5024	HB5001
	15	GB699 GB3078 YB674	GB710 GB711 GB3522(带) GB13237		YB676	GB3083 GB3206 GB5953	HB5024	HB5001
	20	GB699 GB3078 YB674	GB710 GB711 GB3522(带) GB13237		GB3639 GB3094 YB676 YB680 YB679	GB3083 GB3206 GB5953	HB5024	
	25	GB699 GB3078 YB674	GB710 GB711 GB3522(带) GB13237		YB676	GB3206 GB5953	HB5024	HB5001
	45	GB699 GB3078 YB674	GB710 GB711 GB3522(带) GB13237		GB3639 YB676 江松 1-78 松鞍 79-1	GB3206 GB5953	HB5024	HB5001
合金结 构钢	12CrNi3A	YB674			YB676		HB5024	
	18Cr2Ni4WA	YB674			YB676		HB5024	
	18Mn2CrMoBA (GC-11)	HB5219	Q/6S9-86		Q6S7-68			
	40CrA	GB3077 GB3078	YB540			GB3079		
	40CrNiMoA	GB3078 HB5269 YB674			YB676		HB5024	

续表 1-1

分 类	牌 号	棒 材	板 材	型 材	管 材	丝 材	锻 件	铸 件
合金结 构钢	38Cr2Mo2VA (GC-19)	BB202-85 Q/6S133-85		AT01-85 Q/6S134-85				
	30CrMnSiA	GB3078 HB5269 YB674	GB5067 YB540	本新 1-82	YB676 YB680 江松 1-78 松鞍 79-1	GB3079 YB251	HB5024	
	30CrMnSiNi2A	GB3078 HB5269 YB674			YB676		HB5024	
	40CrMnSiMoVA (GC-4)	YB1209 BX14-83			YB1210 松鞍 83-6		HB5024	
	40CrNi2Si2MoVA	Q/6S526-91 抚新 91-5					Q/6S528-92	
弹簧钢	70	GB699 GB1222	GB711 GB3522(带)			GB4358		
	65Mn	GB1222 GB3078	GB711 GB3525(带)			GB4358		
	60Si2MnA	GB1222	GB3525(带)			GB5218		
	65Si2MnWA		GB3525(带)			GB5218		
	50CrVA	YB674 GB1222	GB3525(带)		YB676	GB3079 GB5220 GB5219	HB5024	
碳素工 具钢	T7A		GB3525(带)					
	T9A		GB3525(带)			GB4357 GB4358		
轴承钢	GCr15	YB9				YB245		
铸钢	ZG22CrMnMo							HB5001
	ZG27CrMnSiNi							HB5001
	ZG35CrMnSi							HB5001
	ZG25							HB5001
	ZG45							HB5001

1.2 材料的特点和应用

结构钢材料的特点和应用见表 1-2。

表 1-2 结构钢材料的特点和应用

合金牌号	半成品形式	主 要 特 点	应 用
08F	棒材 板材 带材 丝材	属低碳钢,拉伸强度一般在 275~410MPa 以上,冷硬状态带材和丝材的拉伸强度最高分别可达 785 和 735MPa 以上,塑性和韧性很高,冷变形塑性和焊接性很好,使用时一般不经热处理,使用温度在 350℃ 以下	板材或带材一般用于制造强度要求不高而需进行深压延的复杂弯曲零件,如仪表壳体、盒形件等,丝材可做保险丝、环圈、通条等

续表 1-2

合金牌号	半成品形式	主要特点	应用
10	棒材 板材 带材 管材 锻铸件 丝材	属低碳钢,拉伸强度一般在 295~430MPa 以上,冷硬状态的带材和丝材的拉伸强度分别可达 785 和 735MPa 以上,塑性和韧性很高,有高的冷变形塑性和焊接工艺性,使用时一般不经热处理,使用温度在 350℃ 以下	一般用于制造强度要求不高的冷冲压件和焊接件,如角片、角盒、外壳、卡箍、垫片、螺钉等
15	棒材 板材 带材 管材 锻铸件 丝材	属低碳钢,拉伸强度一般在 335~470MPa 以上,冷硬状态带材和丝材的拉伸强度可达 785MPa 以上,塑性和韧性良好,冷变形塑性高,焊接性好,使用时可不经热处理或在正火状态下使用,ML18(原 MLC15)铆螺钢丝在淬火回火状态下使用,使用温度在 350℃ 以下	用于制造受力不大,塑性、韧性要求高的机械加工小零件、焊接件、冷冲压件和渗碳零件。ML18 专供镦制铆钉、螺栓和自锁螺帽等
20	棒材 板材 带材 管材 锻件 丝材	属低碳钢,拉伸强度一般在 355~510MPa 以上,冷硬状态带材和丝材的拉伸强度分别可达 835 和 785MPa 以上,塑性和韧性良好。冷变形塑性高,焊接性能良好,一般在正火状态下使用。20A 钢杂质含量低,性能均匀,承受动载荷能力较好,用于制造导管,使用温度在 350℃ 以下	用于制造强度要求不高的机加小零件、焊接件、冲压件、锻件和渗碳件,如垫片、卡箍、支座、衬盘等。20A 管材专供制造系统导管。18A 管材专供做空心铆钉
25	棒材 板材 带材 管材 锻铸件 丝材	属低碳钢,拉伸强度一般在 375~540MPa 以上,冷硬状态带材和丝材拉伸强度分别可达 885 和 980MPa 以上,韧性较好。冷变形塑性较好,可焊,一般在正火状态下使用,使用温度在 350℃ 以下	一般制造承力不大的冷冲压件、小机加零件、锻件和铸件,如螺栓、管接头、轴、螺帽等。ML25 用于制造冷镦螺栓、螺钉
45	棒材 板材 管材 锻铸件 丝材 带材	属中碳钢,拉伸强度一般在 540~835MPa 以上,冷硬状态带材和丝材的拉伸强度分别可达 1030 和 1080MPa 以上。冷变形塑性中等,可用电弧焊和氢原子焊,一般在调质或正火状态下使用,使用温度在 350℃ 以下	一般制造中等承力的机械加工零件、锻件和铸件,如螺栓、管接头、堵塞、轴衬、配重、底座等
12CrNi3A	棒材 管材 锻材	是铬镍系珠光体渗碳钢。该钢在具有高的塑性和冲击韧性时兼有相当高的强度,低温韧性好,缺口敏感性小,有回火脆性,一般不作焊接件用	主要用于制造要求表面硬度高,而心部有良好综合性能的渗碳件,如重要齿轮和联接螺杆、轴类零件、活塞胀圈、调节螺钉和油泵转子等
18Cr2Ni4WA	棒材 管材 锻件	是铬镍钨系的一种优良渗碳钢,有时也可作调质钢使用,还可碳氮共渗,有很好的强度和韧性配合,强度比 12CrNi3A 高,具有较高的疲劳性能,低的缺口敏感性和良好的低温冲击韧性,有回火脆性,一般不作焊接件用	广泛用于制造截面较大的零件,如重要接头、螺栓、止动件、转轴、齿轮、活塞杆及其他受力零件
18Mn2CrMoBA (GC-11)	棒材 板材 管材	是一种低碳低合金高强贝氏体钢,空淬回火后具有与 30CrMnSiA 相当的力学性能,拉伸强度达 1180±100MPa。淬透性很高,空淬既简化工艺,热处理变形也小。具有较高的回火抗力,焊接性能好,可制造任何复杂的焊接构件。缺口敏感性和各向异性小,且有较好的中温(200~450℃)性能	可用来代替 30CrMnSiA 钢制造冲压件、钣金件,以及形状复杂的大型焊接组合件,如飞机承力框架、形状复杂的座舱口框、天窗骨架等

续表 1-2

合金牌号	半成品形式	主要特点	应用
40CrA	棒材 板材 丝材	调质处理后具有高的强度(980MPa),良好的塑性和韧性,低的缺口敏感性及高的疲劳性能,好的低温冲击韧性。当零件工作表面要求耐磨时可进行表面淬火或碳氮共渗处理。切削加工性能和淬透性尚好,冷变形性和焊接性能较差	一般用于制造中等负荷、截面较小,又具有耐磨要求的零件,如齿轮、轴套、胀圈、凸轮及螺栓、销子等
40CrNiMoA	棒材 管材 锻件	是一种优良的调质钢。它具有很好的淬透性,调质状态下能在大截面下获得均匀的、配合良好的强度和韧性。有较高的疲劳强度和低的缺口敏感性,无明显的回火脆性。该钢的切削加工性能中等,冷变形塑性和焊接性能较差,一般不作焊接件。主要在调质状态下使用,宜于制造截面较大的零件	一般用于高负荷、尺寸较大的重要轴类零件,如直升机的螺旋桨轴、桨毂,以及其他重要的承力零件,如螺栓、齿轮、襟翼滑轨等
38Cr2Mo2VA (GC-19)	棒材 型材	是低合金中温超高强度钢,经淬火回火后使用,油淬可淬透 40mm 直径,该钢的室温拉伸强度在 1775±100MPa 时具有良好的综合力学性能和抗应力腐蚀断裂性能。拉伸强度在 1470MPa 时疲劳强度较好,在 500℃ 时的拉伸强度高于 1225MPa,而且综合力学性能优良	用于制造在 500℃ 以下工作的飞机高强度结构零件,如后机身框架、接头等
30CrMnSiA	棒材 板材 型材 管材 丝材 锻件	属铬锰硅系,是飞机制造业使用最广泛的一种调质钢,在淬火和高温回火状态下,强度达 1180±100MPa,并有足够的韧性。淬透性不高,油淬可淬透 25mm 直径。为提高综合力学性能,减少零件的翘曲变形,直径 15mm 或板厚 8mm 以下的零件可用等温淬火,使强度和韧性得到最好的配合,室温冲击韧性大大提高,但屈服强度有所降低。有回火脆性,脱碳倾向较大,横向性能较差,焊接性能中等,冷变形塑性尚好,切削加工性良好	用于制造航空重要锻件、机械加工零件、钣金件和焊接件,如起落架零件、螺栓、对接接头、缘条、带板、冷气瓶等
30CrMnSiNi2A	棒材 管材 锻件	属铬锰硅镍系,是我国航空工业广泛使用的低合金超高强度钢。它是在 30CrMnSiA 钢的基础上提高了锰和铬的含量,并添加了 1.4%~1.8% 的镍,使其淬透性得到明显的提高,可淬透 80mm 的圆棒,并改善了钢的韧性和抗回火稳定性。经热处理后可获得 1665±100MPa 强度,同时有好的塑性和韧性,良好的抗疲劳性能和断裂韧性,低的疲劳裂纹扩展速率。切削加工和焊接性尚好,对应力集中和氢脆(包括环境氢脆)较敏感	适宜制造高强度连接件和轴类零件等重要受力结构件,已成熟地用于制造起落架、机翼主梁、机翼中央翼的带板和缘条、对接接头螺栓等
40CrMnSiMoVA (GC-4)	棒材 管材 锻件	是铬锰硅钼系不含镍中碳低合金超高强度钢。强度高 1865±100MPa 时兼有良好的综合力学性能和工艺性能,可淬火加低温回火或 180℃ 等温、300℃ 等温淬火使用。有良好的淬透性,可淬透 80mm 的圆棒。退火状态机械加工性能好,可进行焊接。钢的缺口敏感性较大,对应力集中敏感,对氢脆也较敏感	用于制造飞机高强度承力件,如起落架、水平尾翼转轴、螺栓等
40CrNi2Si2MoVA (300M)	棒材 锻件	是铬镍硅钼系中碳低合金超高强度钢。淬透性很高,可淬透 80mm 的圆棒,经淬火加低温回火后可获得优于 40CrMnSiMoVA 钢的综合力学性能,在拉伸强度高达 1960±100MPa 时具有优良的塑性、韧性和抗疲劳断裂性能,抗应力腐蚀性能好,低温性能也很好。钢在 240℃ 以上等温强度略低,而韧性显著提高,疲劳性能良好,抗应力腐蚀性能进一步改善。钢的缺口敏感性较大,对应力集中敏感,对氢脆也较敏感,一般不推荐作焊接件	用于制造飞机起落架外筒、活塞杆、轮轴等重要受力构件,也可用于制造重要受力螺栓等连接件,等温淬火工艺适于制造飞机机身重要受力构件

续表 1-2

合金牌号	半成品形式	主要特点	应用
70	棒材 板材 丝材 带材	具有很高的强度,适用于制造截面尺寸较小的弹簧。这种弹簧钢有较好的强度和韧性,但振动疲劳性能不如合金弹簧钢。冷作硬化的钢丝,在冷态下缠绕成形,成形后弹簧只作低温回火,消除内应力	制造不经淬火的小截面弹簧,如螺旋弹簧、弹性垫圈、止动圈、保险丝通条等小零件
65Mn	棒材 板材 丝材 带材	强度高,淬透性好,脱碳倾向小,在淬火加回火状态下使用可以获得很高的强度、弹性和耐磨性,但该钢有过热敏感性,过热后易出现淬火裂纹,有回火脆性,焊接性能差,冷变形塑性低,带材可供一般弯曲	用于制造板簧、圆弹簧、弹簧片、挡圈等
60Si2MnA	棒材 带材 丝材	是一种合金弹簧钢。它的最终热处理为淬火加回火。热处理后有较高的强度极限和弹性极限,屈强比($\sigma_{0.2}/\sigma_b$)和抗松弛能力也较强,如采用等温淬火,其综合力学性能更好,疲劳寿命显著提高。该钢的淬透性高,但脱碳倾向大,冷变形塑性低,带材只能冲剪和简单弯曲	主要用于制造在250℃以下工作的厚度小于10mm或直径小于25mm的板簧和螺旋弹簧及弹簧垫圈、卡箍、碟形弹簧等
65Si2MnWA	带材 丝材	是一种合金弹簧钢,与60Si2MnA相比,该钢有较好的高温强度,更高的淬透性,低的过热敏感性和回火脆性。其最终热处理为淬火加回火	主要用于在350℃以下使用的螺旋弹簧,如防震锁簧、活门及减压器弹簧
50CrVA	棒材 带材 管材 丝材 锻件	是制造重要用途弹簧的合金弹簧钢,具有高的强度极限、疲劳极限、弹性极限和屈服极限,有良好的塑性和冲击韧性,在淬火加回火后使用。有良好的抗回火稳定性,当加热到300℃时,弹性仍可保持。钢的切削性能尚好,冷变形塑性低	用于制造重要用途、受力的较大截面积的一、二类弹簧。如气门弹簧、活塞弹簧、缓冲器弹簧、安全阀门弹簧等
T7A	带材	是一种优质碳素工具钢,具有高的硬度、韧性和耐磨性。一般在淬火加回火后使用。其淬透性低,淬火变形大。温度在250℃以上硬度和耐磨性急剧下降	制造受冲击、耐磨而对韧性要求又不大的零件,如杆、销轴、弹簧片、垫片等
T9A	带材 丝材	是一种优质碳素工具钢,在淬火加回火后使用,有较高的硬度和较高的韧性。淬火变形大,最好在盐槽中淬火。塑性差,钢带可进行一般弯曲	用于制造销子、弹簧片、垫片、止动圈、尺子、夹子、螺旋弹簧等
GCr15	棒材 丝材	是一种高碳铬轴承钢,在淬火加回火后使用,有均匀的硬度,良好的耐磨性,高的抗接触疲劳性能。该钢的冷变形塑性中等,切削加工性能较差,焊接性能不好,有回火脆性倾向,对白点形成敏感	用于制造轴承和承受大的负荷、要求耐磨和抗接触疲劳的零件,如衬套、衬盘、柱塞活门等
ZG22CrMnMo	铸件	是在广泛应用的铬钼铸钢成分基础上改进而成的一种高强度高韧性铸钢,最高强度可达1665MPa。易于铸造和焊接,裂纹倾向性很小,该钢含有Mo,无明显回火脆性,具有优良的力学性能和工艺性能,但淬透性不高,油淬只能淬透 $\phi 25\text{mm}$ 圆棒、壁厚13mm的铸件,铸造采用熔模精密铸造	用于制造飞机前起落架、平尾摇臂和减速板支臂等受力构件
ZG27CrMnSiNi	铸件	是在30CrMnSiNi2锻钢的基础上适当降低碳含量改进而成的一种高强度铸钢,最高强度可达1665MPa,常用来生产高强度厚壁铸件。由于镍铬含量较高,裂纹倾向性较大,不宜用来生产形状复杂的结构件,铸造可用砂型或熔模精密铸造	用于制造飞机起落架、军械挂勾、壳体等零件
ZG35CrMnSi	铸件	是一种低合金调质钢,强度可达1175MPa,铸造工艺性能和切削加工性能良好,可浇注最小壁厚为4mm的铸件,铸造可采用砂型或熔模精密铸造	用于制造飞机起落架、支架、轴销等零件

续表 1-4

合金牌号	热导率 $\lambda, W/(m \cdot C)$													
	0 C	20 C	100 C	200 C	300 C	400 C	500 C	600 C	700 C	800 C	900 C	1000 C	1100 C	1200 C
GCr15		40.11												
ZG22CrMnMo		41.58 (50 C)	41.03	39.86	38.73	37.72	36.01 (450 C)							
ZG27CrMnSiNi	41													
ZG35CrMnSi	36													

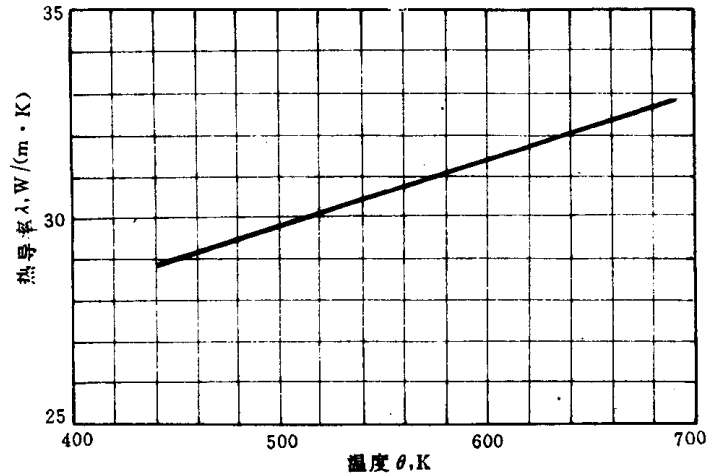


图 1-1 40CrNi2Si2MoVA 钢热导率-温度曲线

1.3.3 比热容

结构钢材料比热容见表 1-5。

表 1-5 结构钢材料比热容

牌号	试验温度 C	比热容 c J/(kg·C)	牌号	试验温度 C	比热容 c J/(kg·C)
08F	900	657.3	25	20~200	481.5
	1000	669.9		20~400	519.2
10	20~100	464.7		20~600	569.4
	20~200	477.3	45	20~100	468.9
	20~400	510.8		20~200	481.5
	20~600	565.2		20~400	523.4
15	20~300	552.7	20~600	573.6	
	20~400	586.1	12CrNi3A	380	657
	20~500	682.4		425	645
	20~600	872.4	18Cr2Ni4WA	100	531.7
	20~650	1214.2		200	552.7
	20~700	1323.0		300	594.5
	20~800	674.1		400	644.7
	20~900	636.4		500	745.3
20~1000	640.5	18Mn2CrMoBA	50	435	
20	20~100		468.9	100	460
	20~200		481.5	200	502
	20~400		535.9	300	536
	20~500		569.4	400	561
25	20~100	468.9	500	603	

续表 1-5

牌 号	试验温度 C	比热容 c J/(kg·C)	牌 号	试验温度 C	比热容 c J/(kg·C)
18Mn2CrMoBA	600	662	40CrNiMoA	500	723.3
38Cr2Mo2VA	282	188.2	40CrMnSiMoVA (GC-4)	100	465
	353	299.3		200	515
	392	347.1		300	548
	442	393.5		400	557
	535	502.4		500	557
	631	556.8		600	645
30CrMnSiA	712	581.9	700	871	
	20	473.1	40CrNi2Si2MoVA (300M)	见图 1-2	
	100	519.1	70	0~100	481.5
	200	581.9		0~200	485.7
	300	644.7		0~400	519.2
	400	699.1		0~600	565.2
30CrMnSiNi2A	500	766.1	65Mn	0~100	481.5
	600	841.5		0~200	485.7
	20	473		0~400	527.5
	100	528		0~600	565.2
	200	582	60Si2MnA	100	461
	300	641		200	528
400	699	300		544	
500	754	400		599	
40CrA	600	833	500	641	
	200	552.7	T9A	20~100	460.5
	300	598.7		20~200	523.4
	400	636.4		20~400	753.6
40CrNiMoA	500	703.4	GCr15	45	552.7
	200	582.1		525	787.1
	300	607.2		981	728.5
	400	670.0			

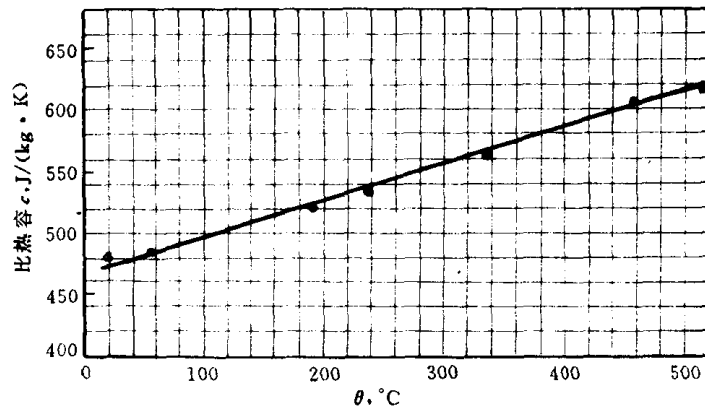


图 1-2 40CrNi2Si2MoVA 钢比热容-温度曲线

1.3.4 线膨胀系数

结构钢材料的线膨胀系数见表 1-6。

表 1-6 结构钢材料的线膨胀系数

合金牌号	线膨胀系数 $\alpha, \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$										
	20 C	20~100 C	20~200 C	20~300 C	20~400 C	20~500 C	20~600 C	20~700 C	20~800 C	20~900 C	20~1000 C
08F		11.58	12.61	13.01	13.63	14.18	14.64				
10		11.6	12.6		13.0		14.6				
15		11.75	12.41	13.45	13.60	13.85	13.90				
20		11.16	12.12	12.78	13.38	13.93	14.38	14.81	12.93	12.48	13.16
25		12.18	12.66	13.08	13.47	13.92	14.41	14.88	12.64	12.41	13.37
45		11.59	12.32	13.09	13.71	14.18	14.67	15.08	12.50	13.56	14.40
12CrNi3A		11.8	13.0	14.0		15.3					
18Cr2Ni4WA			11.20	12.50	13.00	13.60	13.70	13.80			
18Mn2CrMoBA		12.4	12.7	13.2	13.6						
40CrA		12.0	12.0	13.4	13.9	14.2	14.4	14.6			
40CrNiMoA		12.8	13.4	14.6	14.6	14.7	14.7	14.7			
38Cr2Mo2VA				12.94	13.44	13.64	13.84	14.04			
30CrMnSiA		11.00	11.72	12.92	13.62	13.90	14.22	14.53	13.43		
30CrMnSiNi2A	10.55	11.37	11.67	12.68	12.90	13.55	13.80	13.90	11.15	12.10	
40CrMnSiMoVA		12.5	13.0	13.3							
40CrNi2Si2MoVA		11.9 (28~100 C)	11.8 (28~200 C)	12.6 (28~300 C)	12.9 (28~400 C)	13.4 (28~500 C)	13.4 (28~600 C)				
70		11.5	12.3	13.0	13.8						
65Mn		11.1		12.9			14.6				
60Si2MnA		12.6	13.3	13.6	13.5	11.8	11.1	12.4			
50CrVA		11.3	12.4		12.9	13.75	17.55				
T9A		11.0	11.6	12.4	13.2						
GCr15		13.3	13.6	13.8	14.1	15.0	15.3	15.5	14.0	14.9	
ZG22CrMnMo		11.6	12.47	13.15	13.48	13.69	14.03				
ZG27CrMnSiNi		11.0									
ZG35CrMnSi		11 (25~100 C)		13 (25~300 C)			14 (25~600 C)				

1.4 力学性能

1.4.1 标准规定的力学性能

(1) 棒材

棒材技术标准规定的力学性能见表 1-7。

表 1-7 棒材技术标准规定的力学性能

牌 号	热处理状态	规格 ϕ mm	取样 方向	力 学 性 能					布 氏 硬 度		技术标准
				拉伸强度	屈服强度	延伸率	断面收缩	冲击韧性	压痕直径 mm	HB	
				σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	率, ψ	a_k			
				MPa					%		
08F	930 C 正火	≤ 250	纵	295	175	35	60			≤ 131	GB699-88
	热轧										

续表 1-7

牌 号	热处理状态	规格 ϕ mm	取 样 方 向	力 学 性 能						布 氏 硬 度		技 术 标 准
				拉 伸 强 度	屈 服 强 度	延 伸 率	断 面 收 缩 率, ψ	冲 击 韧 性	压 痕 直 径 mm	HB		
				σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ		a_k			kgf/mm ²	
				MPa		%		kJ/m ²				
不 小 于												
10	930 C 正火	≤ 250	纵	335	205	31	55				GB699--88	
	热轧								≤ 137			
	冷拉	≤ 16	纵	440		8	50		≥ 4.3	≤ 197	GB3078-82	
		> 16	纵	440		8	50		≥ 4.4	≤ 187		
	冷拉退火	≤ 30	纵	295		26	55		≥ 5.0	≤ 143		
不经热处理	≤ 200	纵	315	175	30	55		6.0~5.0		YB674-73		
15	920 C 正火	≤ 250	纵	375	225	27	55				GB699-88	
	热轧								≤ 143			
	冷拉	≤ 16	纵	470		8	45		≥ 4.2	≤ 207	GB3078-82	
		> 16	纵	470		8	45		≥ 4.3	≤ 197		
	冷拉退火	≤ 30	纵	345		23	55		≥ 4.9	≤ 149		
不经热处理	≤ 200	纵	345	195	26	55		6.0-5.0		YB674-73		
20	910 C 正火	≤ 250	纵	410	245	25	55				GB699--88	
	热轧								≤ 156			
	冷拉	≤ 16	纵	510		7.5	40		≥ 4.1	≤ 217	GB3078-82	
		> 16	纵	510		7.5	40		≥ 4.2	≤ 207		
	冷拉退火	≤ 30	纵	396		21	50		≥ 4.7	≤ 163		
正火	≤ 200	纵	380	215	22	50		5.8~4.8		YB674-73		
25	正火	≤ 250	纵	450	275	23	50				GB699-88	
	淬火加回火			450	275	23	50	885				
	热轧								≤ 170			
	冷拉	≤ 16	纵	540		7	40		≥ 4.0	≤ 229	GB3078-82	
		> 16	纵	540		7	40		≥ 4.1	≤ 217		
	冷拉退火	≤ 30	纵	410		19	50		≥ 4.6	≤ 170		
正火或退火	≤ 200	纵	420	235	19	50		5.4~4.6		YB674-73		
45	正火	≤ 250	纵	600	355	16	40				GB699-88	
	淬火加回火			600	355	16	40	490				
	热轧								≤ 229			
	冷拉	≤ 30	纵	635		6	30		≥ 3.8	≤ 225	GB3078-82	
			纵	540		13	40		≥ 4.0	≤ 229		
正火或退火	≤ 200	纵	590	315	13	40		4.6~4.0		YB674-73		
	> 200	纵	590	315	11	30	390	4.6~4.0				
12CrNi3A	回火或退火	≤ 200	纵							143~229	YB674-73	
	860 C 油淬+780~810 C 油淬+150~170 C 空冷			980	685	11	55	1080		269~388		
				885	635	12	55	1175		262~363		
	860 C 油淬+780~810 C 油淬+150~170 C 水或空冷	> 200	纵	885	635	10	45	1080		262~363		

续表 1-7

牌 号	热处理状态	规格 ϕ mm	取 样 方 向	力 学 性 能					布 氏		技 术 标 准
				拉伸强度	屈服强度	延伸率	断面收缩	冲击韧性	硬 度	度	
				σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	率, ψ	a_k	压痕直径	HB	
				MPa		%		kJ/m ²	mm	kgf/mm ²	
18Cr2Ni4WA	高温回火或正火加回火	≤200	纵							197~269	YB674-73
18Cr2Ni4WA (供锻件用钢)	950℃空冷+850~860℃空冷+150~170℃空冷			1130	835	11	45	980		341~401	
18Cr2Ni4WA	空冷	>200	纵	1180	885	10	45	980		352~401	
18Cr2Ni4WA				1180	885	9	35	880		321~388	
				1130	835	10	40	1080		352~401	
18Mn2CrMoBA (GC-11)	退火或高温回火		纵							155~228	
	920℃空淬+320~420℃回火空冷		纵	1080	835	10	45	590		302~362	HB5269-83
40CrA	退火或高温回火		纵							≤206	GB3078-82
	860℃水淬+500℃水或油冷			980	785	9	45	590			
	冷拉									≤269	
	退火									≤217	
40CrA (冷顶锻用材)	退火			590		14	50			≤179	
40CrNiMoA	高温回火或退火	≤200	纵							≤269	YB674-73 HB5269-83
	850℃油淬+550~650℃回火,水冷			1080	930	12	50	780		321~375	
	840~850℃油淬+550~650℃回火,空冷	>200	纵	980	835	12	55	980		293~341	
	850℃油淬+550~650℃回火,水或空冷			980	835	11	45	880		293~341	
38Cr2Mo2VA	1000℃油淬+600℃回火2次,空冷									≤269	BB202-85 Q/6S133-85
				1665	1470	9	10	490			
				1470 ^①							
				1225 ^②							
30CrMnSiA	冷拉									≤269	GB3078-82
	退火									≤269	
	退火或回火								4.8~4.0		
	870~890℃油淬+510~570℃回火	≤230	纵	1080	835	10	45	490	3.5~3.2		HB5269-83
			横	980	735	6	27	190			
	退火或回火		纵						4.8~4.0		
	870~890℃油淬+510~570℃回火,油冷	≤200	纵	1080	835	10	45	490	3.5~3.2		YB674-73
		>200		1080	835	8	35	440	3.5~3.2		

续表 1-7

牌 号	热处理状态	规格 φ mm	取 样 方 向	力 学 性 能						布 氏 硬 度	技术标准
				拉伸强度	屈服强度	延伸率	断面收缩	冲击韧性			
				σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	率, ψ	a_k			
				MPa		%		kJ/m ²			
不 小 于						mm	kgf/mm ²				
30CrMnSiNi2A	退火								≤149	GB3078--82	
	退火或正火+高 温回火							4.8~3.8			
	890~900 C 油淬 +200~300 C 回火,空冷	≤230	纵	1570		9	45	590	≤2.9	≤143	HB5269-83
	890~900 C 加 热,210~280 C 等温 1h,空冷+ 200~300 C 回火,空冷	≤230	横	1520		5	25	195			
	退火								4.6~3.8		
	890~900 C 油淬 +200~300 C 回火,空冷	≤200	纵	1570		9	45	490	≤2.9		YB674--73
	>200	1570			8	35	440	≤2.9			
40CrMnSi- MoVA (GC-4)	退火或正火+ 高温回火								≤255		
	910~930 C 油 淬,200~300 C 回火,空冷	≤200	纵	1865		8	35	490		HRC=	YB1209-83 BX114--83
			横	1815		5	15	195		52.5~55	
	910~930 C 加 热,180~230 C 硝酸盐中等温 1h, 空冷+200~ 300 C 回火,空冷		纵	1765		8	35	590		≥494	
			横	1715		5	15	195			
910~930 C 加 热,290~320 C 硝酸盐中等温 1h,空冷	纵	1665		8	35	590					
40CrNi2- Si2MoVA (300M)	870 C 油淬+ 300 C 回火 2 次,空冷	全部	纵	1860	1515	8	⑦	490			Q/6S526 -91 抚新 91-5
		③	横	1860	1515		⑧	290			
		④	纵	1860	1515		⑨	290			
		⑤	横	1860	1515		⑩	290			
		⑥	纵	1860	1515		⑪	290			
70	热轧状态	≤250							≤269	GB699-88	
	退火状态							≤229			
	790 C 正火	≤80	纵	715	420	9	30				
		>80	纵	715	420	7	25				
	热轧状态	≤250							>285		
830 C 油淬 +480 C 回火	≤80	纵	1030	835	8	30			GB1222-84		
	>80	纵	1030	835	7	25					
65Mn	热轧状态	≤250	纵						≤302		
	830 C 油淬+ 540 C 回火	≤80	纵	980	785	8	30			GB1222-84	
		>80	纵	980	785	7	25				
	冷拉退火							≥3.7	≤269	GB3078-82	

续表 1-7

牌 号	热处理状态	规格 ϕ mm	取 样 方 向	力 学 性 能						布 氏 硬 度	技 术 标 准	
				拉伸强度	屈服强度	延伸率	断面收缩	冲击韧性	压 痕 直 径			HB
				σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	率, ψ	a_k				
				MPa		%		kJ/m ²				不 小 于
50CrVA	热轧状态	≤ 250	纵							≤ 321	GB1222-84	
	850 C 油淬 + 500 C 回火	≤ 80		1275	1125	10	40					
		> 80		1275	1125	9	35					
	退火回火	≤ 300							4.8~3.8			
	860 C 油淬 + 460 ~520 C 回火, 油冷	≤ 200	纵	1275	1080	10	45			≤ 3.2	YB674-73	
860 C 油淬 + 400 ~500 C 回火, 油冷				1275	1080	10	45			≤ 3.2		
GCr15	退火								4.2~4.6	YB9-68		

① 试验温度 300 C; ② 试验温度 500 C; ③ 坯料公称横截面积 $\leq 64500\text{mm}^2$; ④ 坯料公称横截面积 $> 64500 \sim 93000\text{mm}^2$; ⑤ 坯料公称横截面积 $> 93000 \sim 145000\text{mm}^2$; ⑥ 坯料公称横截面积 $> 145000\text{mm}^2$; ⑦ 单个 30; ⑧ 平均 30, 单个 25; ⑨ 平均 25, 单个 20; ⑩ 平均 20, 单个 15; ⑪ 平均 15, 单个 10。

(2) 板材

板材技术标准规定的力学性能见表 1-8。

表 1-8 板材技术标准规定的力学性能

牌 号	热处理状态	规格 mm	取 样 方 向	力 学 性 能						布 氏 硬 度	技 术 标 准	
				拉伸强度	屈服强度	延伸率	断面收缩	冲击韧性	压 痕 直 径			HB
				σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	率, ψ	a_k				
				MPa		%		kJ/m ²				不 小 于
08F	退火, 正火 正火加回火 或高温回火	≤ 4	横	275~365		30					GB710-91	
				275~380		29						
				275~380		27						
	正火, 退火或 高温回火	4~60	横	315		34				GB711-88		
	特软 (TR)	≤ 3.6	纵	275~390		30					GB3526-83	
				325~440		20						
				375~490		10						
				410~540		4						
				490~785								
	退火, 正火 正火后回火	≤ 4	横	275~365		34					GB13237-91	
275~380					32							
275~380					30							

续表 1-8

牌 号	热处理状态	规格 mm	取 样 方 向	力 学 性 能						技 术 标 准	
				拉伸强度	屈服强度	延伸率	断面收缩	冲击韧性	布 氏		
				σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	率, ψ	a_k	硬 度		
				MPa		%		kJ/m ²	压痕直径		HB
不 小 于						mm	kgf/mm ²				
10	退火,正火 正火加回火 或高温回火	≤4	横	295~410		27				GB710-91	
				295~430		26					
				295~430		24					
	正火,退火 或高温回火	4~60	横	335		32				GB711-88	
	特软(TR) 软(R) 半软(BR) 低硬(DY) 冷硬(Y)	≤3.6	纵	275~395		30				GB3526-83	
				325~440		20					
				373~490		10					
				412~539		4					
				490~785							
退火,正火, 正火后回火	≤4	横	295~410		30				GB13237-91		
			295~430		29						
			295~430		28						
15	退火,正火 正火加回火 或高温回火	≤4	横	335~450		26			GB710-91		
				335~470		25					
				335~470		24					
	正火,退火或 高温回火	4~60	横	370		30			GB711-88		
	冷硬钢带(Y) 退火钢带(T)	≤4	纵	440~785					GB3522-83		
				315~490		22					
退火,正火 正火后回火	≤4	横	335~450		27			GB13237-91			
			335~470		26						
			335~470		25						
20	退火,正火 正火加回火 或高温回火	≤4	横	355~490		25			GB710-91		
				355~500		24					
				355~500		24					
	正火,退火或 高温回火	4~60	横	410		28			GB711-88		
	冷硬钢带(Y) 退火钢带(T)	≤4	纵	490~835					GB3522-88		
				315~540		20					
退火,正火 正火后回火	≤4	横	355~490		26			GB13237-91			
			355~500		25						
			355~500		24						
25	退火,正火加回 火或高温回火	≤4	横	395~540		23			GB710-91		
				350~540		22					
				375~490		23					
				375~490		22					
	正火,退火或 高温回火	4~60	横	450		24			GB711-88		
	冷硬钢带(Y) 退火钢带(T)		纵	540~885					GB3522-88		
				345~590		18					
正火 正火后回火 冷轧退火	≤4	横	390~540		24			GB13237-91			
			390~540		23						
			375~490		24						
			375~490		23						

续表 1-8

牌 号	热处理状态	规格 mm	取 样 方 向	力 学 性 能						技术 标准
				拉 伸 强 度	屈 服 强 度	延 伸 率	断 面 收 缩	冲 击 韧 性	布 氏 硬 度	
				σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ	率, ψ	a_k		
				MPa		%		kJ/m ²	压痕直径	
不 小 于					mm	kgf/mm ²				
45	正火,正火后回 火,高温回火	≤4	横	550~685		15				GB710-91
	热轧退火			450~570		15				
	正火,退火或 高温回火	4~60	横	600		17				GB711-88
	冷硬钢带(Y)	≤4	纵	685~ 1030						GB3522- 88
	退火钢带(T)			440~685		15				
	正火,正火后回 火,冷轧退火	≤4	横	530~685		16				GB13237- 91
冷轧退火	450~570				16					
18Mn2Cr- MoBA (GC-11)	高温回火	厚板	纵	440~590		22				Q/6S9-86
		薄板		440~640		20 ^①				
	920 C 空淬+300 ~400 C 回火, 空冷	≤2.0	纵	1080		8				
	>2.0	1080			10					
40CrA	退火,正火或 高温回火	薄板	纵	540~735		14 ^①				YB540-65
		厚板		540~735		16				
30CrMn- SiA	退火或高温回火	薄板(成品 取样)	纵	540~735		16 ^①				YB204-63 YB540-65
	870~890 C 油淬+ 510~570 C 回火	薄板(板坯 上取样)		1080		10		490		
	退火或高温回火	厚板		490~735		17 ^①			152~220	YB540-65
70	正火,退火或 高温回火	4~60	横	715		9				GB711-88
	冷硬钢带(Y)	≤4	纵	735~ 1130						GB3522- 88
	退火钢带(T)			440~735		10				
65Mn	退火或高温回火	≤4	横	850		12				GB3279- 89
	退火钢带(T)	≤1.5	纵	635		20				GB3525- 83
	球化退火钢带(QT)	>1.5~3.0		735		15				
	冷硬钢带(Y)	≤3.0		735~ 1175						
60Si2MnA 65Si2- MnWA 50CrVA	退火钢带(T)	≤3	纵	885		10				GB3525- 83
	球化退火钢带(QT)			785-						
	冷硬钢带(Y)			1175						
T7A	退火钢带(T)	≤1.5	纵	635		20				GB3525- 83
	球化退火钢带(QT)	>1.5~3.0		735		15				
	冷硬钢带(Y)	≤3		735- 1175						
T9A	退火钢带(T)	≤3	纵	735		10				GB3525- 83
	球化退火钢带(QT)			735-						
	冷硬钢带(Y)			1175						

① 为 δ_{10} 值。