

	大	型
铸	钢	件
生	产	

DAX-ZU NIUGANG-JIAN



SHENZHEN

大型铸钢件生产

第一重型机器厂 编著
哈尔滨工业大学

黑龙江人民出版社

1979年·哈尔滨

大型铸钢件生产

第一重型机器厂、哈尔滨工业大学 编著

黑龙江人民出版社出版
(哈尔滨市道里森林街14-5号)

黑龙江新华印刷厂印刷 黑龙江省新华书店发行

开本 787×1092毫米 1/16·印张 22·插页 4·字数 490,000

1979年9月第1版 1979年9月第1次印刷

印数 1-5,000

统一书号: 15093·43 定价: (布脊精装) 3.30元

60406/30
13

前 言

大型轧钢、锻压、矿山、起重运输、发电、冶炼等设备中，铸钢件约占设备总重量的百分之四十。建国近三十年来，我国的大型铸钢件生产不断发展，技术队伍不断壮大，已能提供各种类型的产品，并积累和创造了许多经验。但直到目前为止，国内尚无一本比较适合我国特点，又较系统完整的参考书籍，有关大型铸钢件生产的工艺资料也非常缺乏。

为了适应我国社会主义建设事业的发展，为四个现代化做出应有贡献，考虑到本行业的专业人员的需要，我们编写了《大型铸钢件生产》一书。本书阐述了大型铸钢件生产的全过程，内容包括材料准备、工艺装备、工艺编制、生产操作、质量检查、缺陷分析等，并有各类重型机器产品中大型铸钢件的工艺图例四十多个。本书以总结第一重型机器厂的实践经验为主，也吸取了国内的先进经验和国外新技术。可供从事重型机器（包括矿山机械、通用机械、冶金修配机械、电机、汽轮机等）生产的工人、技术人员和干部在指导生产、编制工艺、改进操作技术时参考，也可作为大专院校、中等专业学校、技工学校铸造专业的教学参考书。

本书是在黑龙江省机械局的关怀下，由第一重型机器厂和哈尔滨工业大学共同编写的。编写工作从一九七五年开始，经过了反复讨论和研究。在编写过程中，得到了第二重型机器厂、沈阳重型机器厂、太原重型机器厂、上海重型机器厂、北京重型机器厂、广州重型机器厂、天津重型机器厂、陕西重型机器厂、云南重型机器厂、哈尔滨汽轮机厂、哈尔滨电机厂等单位的支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于我们实践经验有限，理论水平不高，书中一定存在许多不足，诚恳地希望读者批评指正。

编 者

一九七八年六月

目 录

第一章 铸件用钢	1
一、碳素铸钢	1
1. 化学成分和机械性能	1
2. 碳素铸钢的特性和用途	2
二、低合金铸钢	3
1. 化学成分和机械性能	3
2. 低合金铸钢的特性和用途	6
三、特殊性能的高合金钢	7
1. 化学成分和机械性能	7
2. 高锰钢的特性和用途	9
3. 耐热不锈钢的特性和用途	12
第二章 铸钢件的结构工艺性	14
一、铸钢件的最小壁厚和合理最小壁厚	14
二、铸件壁的连接过渡	15
三、铸造圆角	18
1. 铸造圆角半径的选取	18
2. 确定铸造圆角半径的注意事项	19
四、铸造工艺孔	20
五、加强筋	21
六、凸台和空刀槽	23
1. 凸台	23
2. 空刀槽	23
七、铸钢件表面与相邻零件的间隙	25
八、设计结构改进图例	25
第三章 造型材料	28
一、粘土干模砂及其防粘砂材料	28
1. 性能及配制	28
2. 防粘砂材料	29
3. 涂料和涂料膏	31
二、水玻璃砂	32
1. 水玻璃砂的硬化方法	33
2. 自硬砂	34
3. 流态自硬砂	35
三、“七〇”砂	35
1. 石灰石原砂	35

2. “七〇”砂的工艺性能	36
3. 关于产生一氧化碳的问题	37
4. 关于胀箱裂纹的问题	38
5. 配方及性能	33
四、含有机粘结剂的芯砂	39
第四章 工艺装备和附具	40
一、木质模型和芯盒的结构	40
二、其它材质模型的结构与制造	47
1. 菱苦土模型	47
2. 金属结构模型和钢骨架结构模型	48
3. 硬塑模型	48
三、机器造型标准模板和砂箱的设计	51
1. 标准砂箱的设计	51
2. 模板的设计及应用	52
四、大型手工造型砂箱的设计	57
1. 大型手工砂箱的类型和材质	57
2. 大型手工砂箱主要尺寸的确定	58
3. 大型手工整铸式砂箱的设计	59
4. 大型手工装配式砂箱的设计	62
五、铸造用抓斗的设计	63
1. 对抓斗的要求	63
2. 抓斗的基本工作原理	64
3. 土抓斗实例	66
六、偏心轴杠	66
第五章 铸造工艺方案和主要工艺参数的确定	68
一、浇注位置	68
二、分型面	69
三、造型方法	69
四、铸型种类	70
五、典型铸件的工艺方案图例	70
六、铸件线收缩率	75
七、机械加工余量	77
八、铸孔(槽)的最小尺寸	79
九、工艺补正量	80
十、拔模斜度	83
十一、分型负数	84
第六章 泥芯的设计	85
一、泥芯边界的确定	85
二、泥芯的撞砂方向	87
三、泥芯头的设计	89

1. 泥芯偏位的几种情况.....	89
2. 泥芯头的尺寸和结构.....	91
四、泥芯间隙和泥芯减量.....	96
1. 泥芯间隙.....	97
2. 泥芯减量.....	99
第七章 冒口和冷铁的设计.....	101
一、冒口的类型、尺寸比例和结构.....	101
1. 冒口的类型.....	101
2. 冒口的尺寸比例.....	101
3. 冒口的结构.....	102
二、确定冒口数量的方法.....	105
1. 冒口的有效补缩距离.....	105
2. 冒口的延续度.....	103
三、用模数法计算冒口尺寸.....	107
1. 概述.....	107
2. 铸件的模数及其计算.....	108
3. 冒口的重量和模数计算.....	111
4. 冒口尺寸的计算.....	112
5. 冒口尺寸的验算.....	112
四、用比例法计算冒口尺寸.....	115
1. 计算热节圆的方法.....	115
2. 比例法的应用举例.....	116
五、用收得率法验算冒口尺寸.....	118
六、冒口设计的其它问题.....	121
1. 冒口增肉.....	121
2. 特种冒口.....	121
3. 无冒口铸造.....	125
4. 标准冒口.....	126
5. 顶部明冒口补缩暗冒口的问题.....	126
七、齿轮铸件冒口的计算.....	127
1. 单幅板齿轮轮缘冒口.....	127
2. 双幅板齿轮轮缘冒口.....	130
3. 三幅板齿轮轮缘冒口.....	132
4. 轮缘冒口的其它类型.....	133
5. 轮毅冒口.....	133
八、冷铁.....	135
1. 外冷铁.....	136
2. 内冷铁.....	137
第八章 浇注系统.....	142
一、铸件重量的计算.....	142

1. 铸件毛重	142
2. 钢水总重	143
二、浇注系统设置的原则	143
三、浇注系统的计算	143
1. 重量速度算法	143
2. 上升速度算法	146
四、浇注系统的设置	150
1. 机器造型浇注系统的设置	150
2. 手工造型浇注系统的设置	151
五、补浇冒口用专用浇口的设置	155
第九章 造型和造芯	156
一、地坑造型	156
1. 地坑的准备	156
2. 砂床的制做	157
3. 地坑实样造型	158
4. 地坑刮板(车板)造型	159
5. 地坑组芯造型	161
二、砂箱造型	163
1. 大型铸件手工砂箱造型	163
2. 机器造型	164
3. 大型铸钢件造型机械化情况	166
三、半永久模造型和半冷模造型	167
1. 半永久模造型	167
2. 半冷模造型	168
四、大型铸钢件的强制冷却	169
1. 强制冷却工艺方案的选择	169
2. 冷却制度和测温方法	172
3. 强制冷却的效果	172
4. 强制冷却工艺对铸件质量的影响	173
五、手工造芯	174
1. 泥芯骨结构	174
2. 撞制泥芯的操作要点	175
3. 泥芯制作实例	175
六、型芯的干燥	177
1. 在烘干炉内烘干	177
2. 地坑砂型的烘干	180
3. 水玻璃砂型、芯吹二氧化碳气化学硬化法	181
七、实型铸造在铸钢件生产中的应用	182
1. 泡沫塑料模型的制造	182
2. 铸造工艺和操作	183

3. 烟雾的由来和消除烟雾的途径·····	183
4. 木塑结构的应用·····	184
八、大型铸钢管状件的离心铸造·····	185
1. 离心机的结构和主要参数·····	185
2. 型筒设计·····	186
3. 离心浇注的操作要点·····	187
4. 离心铸造缺陷分析·····	189
第十章 铸型装配、合箱和浇注·····	190
一、泥芯棒的应用·····	190
1. 泥芯棒的类型与选用·····	190
2. 泥芯棒的去锈防锈处理·····	190
二、铸型的装配·····	191
1. 组装泥芯操作要求·····	191
2. 铸型的排气结构·····	192
三、铸型的合箱和压铁重量的计算·····	193
四、浇注·····	196
1. 浇注前的准备工作及安全措施·····	196
2. 浇注温度·····	196
3. 浇注方法·····	197
4. 补浇冒口·····	198
5. 去压铁载荷时间·····	199
五、测温 and 测变形·····	199
1. 钢水测温·····	199
2. 铸件和砂型的测温·····	201
3. 铸件和铸型的温度曲线·····	202
4. 铸件的测变形方法·····	203
六、保温时间·····	203
七、大型铸钢件的起吊·····	205
1. 起吊力的计算·····	205
2. 铸件上吊轴(吊把)的设计·····	206
3. 铸件起撬·····	206
4. 用两台天车抬运铸件·····	208
第十一章 清理·····	209
一、铸件落砂与一般清砂方法·····	209
二、水爆清砂·····	210
1. 水爆清砂的原理·····	211
2. 水爆温度·····	211
3. 提高水爆效果的措施·····	213
三、气割浇冒口·····	214
1. 气割前的准备工作·····	215

2. 浇冒口气割余量	215
3. 热割冒口的规定	216
4. 大截面冒口的气割方法	217
5. 高锰钢铸件浇冒口的气割	218
6. 其它切割冒口的方法	218
四、铸钢件热处理	218
1. 热处理工艺规范	219
2. 热处理操作	222
五、表面清整	223
1. 喷丸、抛丸清理	223
2. 碳弧气刨	224
六、缺陷焊补与变形矫正	225
1. 焊前准备工作	225
2. 焊补工艺	225
3. 铸钢件变形矫正	227
第十二章 铸钢件的质量检查	229
一、铸钢件外观质量检查	229
二、铸钢件内部质量检查	232
1. 超声波探伤	232
2. 射线探伤	235
3. 磁粉探伤 (磁力探伤)	236
三、铸件的酸洗、浸油和水压试验	237
1. 酸洗检查	237
2. 浸油	237
3. 水压试验	237
四、铸钢件理化验收规则和取样方法	237
1. 验收规则	237
2. 试样选取方法	238
第十三章 铸钢件缺陷分析	240
一、气孔产生的原因	240
1. 蜂窝状梨形气孔	210
2. 转角气孔	241
3. 针状气孔 (针孔)	241
二、缩孔、缩松产生的原因和防止方法	242
1. 缩孔、缩松的特征和形成机理	242
2. 缩孔、缩松的产生原因及防止方法	242
三、裂纹的产生原因和防止方法	245
1. 裂纹的类型和产生原因	245
2. 防止产生裂纹的措施	247
3. 铸钢件裂纹的实例分析	249

四、粘砂、夹砂的产生原因及防止方法	251
1. 粘砂	251
2. 夹砂	253
五、尺寸不符的产生原因及防止方法	253
1. 胀箱	253
2. 抬箱、偏箱和漂芯	254
3. 浇不足	254
4. 变形	255
5. 形状尺寸不符	255
六、机械性能不合格的原因	258
1. 概述	258
2. 对石状断口的初步分析	258
第十四章 铸钢件工艺图例	260
一、轧钢设备	260
1. 机架	260
2. 辊道架	263
3. 轧钢设备上的其它铸件	268
二、锻压设备	275
三、冶金、矿山设备	288
四、电站设备	294
1. 大型混流式水轮机转轮整铸式的铸造工艺	294
2. 铸焊结构大型混流式水轮机的铸造工艺	297
3. 大型轴流式水轮机转轮叶片的铸造工艺	292
五、通用件及其它设备	304
附 录	
(一) 不同冒口的重量和模数值	312
(二) 标准冒口	320
(三) 热节圆直径	323
(四) 浇口尺寸、重量对照表	325
(五) 铸造用耐火砖管尺寸表	326
(六) 泥芯撑规格	327
(七) 圆周等分方法	330
(八) 面积、体积、表面积的计算公式	331
(九) 常用铸造材料比重表	336
(十) 大型铸钢件冒口的解剖分析资料	337
(十一) 工艺图例表示方法	341

第一章 铸件用钢

大型铸钢件很少在高温、高压、高速和受磨损受腐蚀的条件下工作，因而主要采用碳素钢和低合金钢，少量采用特殊性能的高合金钢。

铸钢件选用的合金钢，在不影响使用性能的条件下，应尽量采用符合我国资源条件的合金钢系，如含硅、锰、钒、硼、钛、稀土等元素的钢种，力求少用或不用国内较缺的贵重合金元素，如铬、镍等。

一、碳 素 铸 钢

碳素铸钢按其含碳量分为 ZG15、ZG25、ZG35、ZG45、ZG55 等几个牌号。“ZG”为“铸钢”二字汉语拼音的第一个字母，其后的数字为其平均含碳量（以百分数表示）。

铸件按钢种的含硫、磷成分和机械性能的检验项目要求，可分为三级：

I 级——高级铸件（S、P 的允许含量最少）；

II 级——优质铸件（S、P 的允许含量中等）；

III 级——普通铸件（S、P 的允许含量较多）。

铸件的牌号和级别，应在图纸中注明，级别代号应附在牌号后面（如 ZG35 I、ZG35 II）；III 级不注级别（如 ZG35 等）。

1. 化学成分和机械性能

碳素铸钢的化学成分和机械性能可见表 1-1 和表 1-2。

在碳素铸钢中，碳是唯一的强化元素，它对碳素铸钢机械性能的影响可见图 1-1。由图

表 1-1 碳素铸钢的化学成分 (GB979—67)

牌 号	化 学 成 份 (%)					
	C	Mn	Si	S, P (‰)		
				I	II	III
ZG15	0.12~0.22	0.35~0.65	0.20~0.45	0.04	0.05	0.06
ZG25	0.22~0.32	0.50~0.80	同上	0.04	0.05	0.06
ZG35	0.32~0.42	同上	同上	0.04	0.05	0.06
ZG45	0.42~0.52	同上	同上	0.04	0.05	0.06
ZG55	0.52~0.62	同上	同上	0.04	0.05	0.06

注：① 机械性能合格时，Mn、Si 的含量允许有偏差：Mn $\pm$ 0.05%；Si $\pm$ 0.03%；

② 钢中 Ni、Cr、Cu 残余含量均不超过 0.30%，除图纸技术条件要求有规定外，一般不作分析。

表 1-2

碳素铸钢的机械性能 (GB979—67)

牌 号	热 处 理 类 型	σ_b	σ_s	δ_5	ψ	a_k	硬 度		用 途
		(公斤/毫米 ²)		(%)		(公斤·米/厘米 ²)	HB	表面淬火	
		$\geq$		$\geq$		$\geq$	$\geq$	(新 HRC)	
ZG15	正火、回火	40	20	25	40	6.0	120~140		多用于补浇冒口
ZG25	同 上	45	24	20	32	4.5	130~170		用于较好的塑性与韧性零件 (如站座、轴承座、盖板等)
ZG35	同 上	50	28	16	25	3.5	150~180	≥ 38	广泛应用的一个钢号。用来作轧钢机机架、水压机横梁、破碎机架体等
	淬火、回火	55	35	18	20	4.0	229~269	最大达 45	
ZG45	正火、回火	58	32	12	20	3.0	160~200	≥ 43 最大达 55	用于要求强度较高的耐磨零件 (如齿圈、制动轮、轧辊等)
ZG55	同 上	65	35	10	18	2.0	180~230		用于形状简单, 较高的强度、硬度和耐磨性的零件

注: 表中数值适用于壁厚小于或等于一百毫米的铸件。大型厚壁铸件的机械性能一般低于表内规定值。

中的曲线可以看出, 在含碳量逐步增加时, 抗拉强度 σ_b 比屈服强度 σ_s 提高得快。当含碳量超过百分之零点四五时, 屈服强度几乎不再提高, 所以 ZG55 的屈服强度要达到每平方毫米三十五公斤是不易的。延伸率、断面收缩率和冲击值随着含碳量的增加下降得很快。

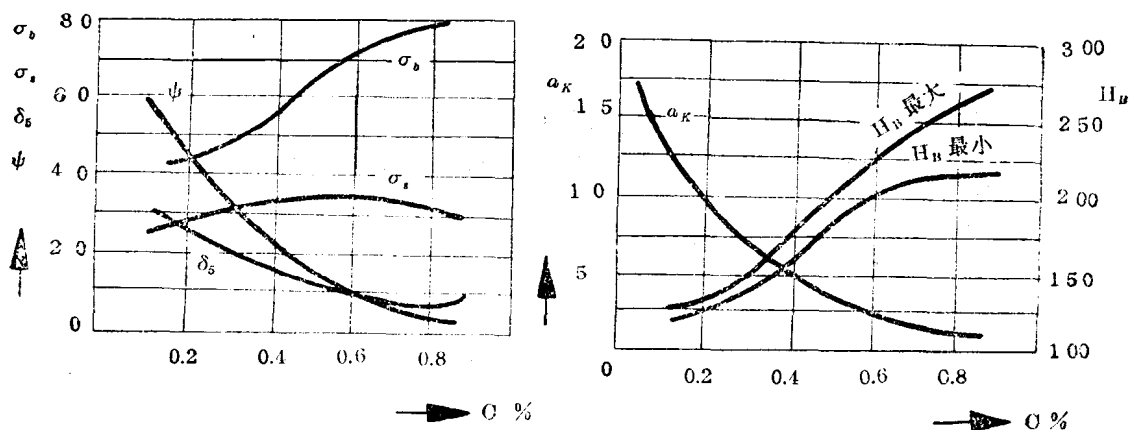


图 1-1 含碳量对碳素铸钢机械性能的影响

碳素铸钢中, 除碳以外的其他元素均属冶炼中的常存元素。硅、锰是钢水脱氧时加入的, 硫、磷等是去除后残留的。其他不是特意加入的元素含量极少, 对钢的机械性能没有多大影响。

2. 碳素铸钢的特性和用途

ZG15 在产品设计中一般不采用, 只在大型铸钢件补浇冒口时用。因为大型铸钢件如用本体材质补浇冒口, 由于产生偏析等原因, 会使冒口根部中心的 C、Mn、S、P 含量均偏高, 降低铸件质量。采用 ZG15 补浇冒口, 因其浇注温度高, O、Mn 的含量较低, 可以提高冒口

补缩效率，改善铸件的化学成分偏析。

ZG25 有一定的强度、良好的塑性与韧性。这种钢有较高的导热性、焊接性和切削加工性，但熔点较高，实际流动性差，排除钢水中的气体和杂质比较困难，所以容易氧化和热裂。生产中一般用 ZG25 制做模锻锤砧座、轴承座、外壳、底板、炉用备件等。

ZG35 有较好的强度和适当的塑性，并具有较好的铸造性和焊接性，但易产生较大的铸造应力，引起热裂。它是大型铸钢件生产中最常用的碳素铸钢，广泛地用于轧钢、锻压、矿山等设备的铸钢件（如机架、辊道架、推板、盖板、横梁、缸体等）。

ZG45 和 ZG55 都有较高的强度和硬度，但塑性和冲击韧性较差，有较大的脆性，铸造性、焊接性也较差，切削加工性中等，易产生较大的铸造内应力，使铸件产生冷裂纹。此钢种的铸件在热处理过程中，因升温、降温速度过快或在用氧——乙炔焰气割冒口时也易产生裂纹。ZG45 常用来制作轧辊、缸体、齿轮、制动轮等铸件。ZG55 的综合机械性能不理想，铸造性能不好，故许多工厂用低合金铸钢（如 ZG40Mn、ZG35SiMn 等）代替。

有些工厂在生产中采用了带“零”的碳素铸钢（如 ZG20、ZG30、ZG40、ZG50 等）。原因是有些铸件不但要求较高的强度，同时也要求具有较好的塑性、冲击韧性或较好的焊接性（如模锻锤砧座、高炉大钟等），常按 ZG30 制做，而按 ZG25 的强度标准验收。采用带“零”的牌号会增加钢种，给生产管理带来不便，故应尽量少用。

截面较大的大型铸钢件，由于冷却速度慢，凝固时间长，粗大的一次结晶在热处理时难以消除，同时化学成分易产生偏析，使机械性能降低，因此试样的机械性能常达不到该钢号所规定的标准。为此，有些工厂规定壁厚大于一百毫米的铸件的机械性能可以降低一定的数值。大部分工厂虽无明文规定，但在设计审查中，对大截面的大型铸钢件在图纸的技术条件中单独规定机械性能要求，其标准比同类型的钢号低。

碳素铸钢的某些物理性能如下：

密度(0.30%O)：7.84 克/厘米³

体积收缩(1593—20℃)：总量 11.6%，

其中液态收缩(1593—1504℃)1.4%，

凝固收缩(1504—1454℃)3.0%，

固态收缩(1454—20℃)7.2%。

凝固温度范围：

0.18%O 1516—1477℃，

0.30%O 1502—1454℃，

1.00%O 1454—1304℃。

二、低合金铸钢

低合金铸钢是在同牌号的碳素铸钢中加入一定数量的合金元素（一般小于百分之三点五），以提高钢的机械性能。大型铸件用的低合金铸钢目前以低锰钢或硅锰钢为多，有时也采用一些含铬、钼等元素的合金铸钢。

1. 化学成分和机械性能

常用低合金铸钢的化学成分和机械性能见表 1-3 和 1-4、

表 1-3

低合金铸钢的化学成分

牌 号	依 据	化 学 成 分 (%)							
		C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo	其 它
ZG35Mn	ZB25—62	0.30—0.40	1.20—1.60	0.17—0.37	0.04	0.04	—	—	—
ZG40Mn	$\frac{Q}{ZB}$ 66—73	0.35—0.45	1.20—1.50	0.30—0.45	0.04	0.04	—	—	—
ZG45Mn	ZB25—62	0.40—0.50	1.20—1.50	0.30—0.45	0.04	0.035	—	—	—
ZG50Mn	上海重型机器厂	0.45—0.55	1.20—1.50	0.20—0.45	0.04	0.04	—	—	—
ZG60Mn	$\frac{Q}{ZB}$ 67—73	0.62—0.70	0.90—1.20	0.17—0.37	0.045	0.04	≤0.25	—	Ni≤0.25
ZG40Mn ₂	$\frac{Q}{ZB}$ 66—73	0.35—0.45	1.60—1.80	0.20—0.40	0.04	0.04	—	—	—
ZG50Mn ₂	同上	0.45—0.55	1.50—1.80	0.20—0.40	0.04	0.04	—	—	—
ZG20SiMn	同上	0.16—0.22	1.00—1.30	0.60—0.80	0.04	0.04	—	—	—
ZG35SiMn	第一重型机器厂	0.30—0.40	1.10—1.40	0.60—0.90	0.035	0.035	—	—	—
ZG42SiMn	第一重型机器厂	0.38—0.45	1.10—1.40	0.60—0.90	0.035	0.035	—	—	—
ZG45SiMn	沈阳重型机器厂	0.42—0.49	0.80—1.10	0.80—1.10	0.04	0.04	—	—	—
ZG50SiMn	$\frac{Q}{ZB}$ 66—73	0.46—0.54	0.80—1.10	0.80—1.10	0.04	0.04	—	—	—
ZG35SiMnMo	第一重型机器厂	0.32—0.40	1.10—1.40	1.10—1.40	0.03	0.035	—	0.20—0.30	—
ZG40Cr	$\frac{Q}{ZB}$ 66—73	0.35—0.45	0.50—0.80	0.20—0.40	0.04	0.04	0.80—1.10	—	—
ZG35CrMnSi	同上	0.30—0.40	0.90—1.20	0.50—0.75	0.04	0.04	0.50—0.80	—	—
ZG20CrMo	哈尔滨汽轮机厂	0.15—0.22	0.50—0.80	0.20—0.45	0.04	0.04	0.50—0.80	0.4—0.6	Ni≤0.3
ZG35CrMo	$\frac{Q}{ZB}$ 66—73	0.30—0.40	0.50—0.80	0.20—0.40	0.04	0.04	0.80—1.10	0.20—0.30	—
ZG50MnMo	同上	0.47—0.55	0.90—1.10	0.20—0.40	0.04	0.04	—	0.15—0.30	—
ZG55CrMnMo*	第一重型机器厂	0.50—0.60	1.20—1.60	0.25—0.60	0.03	0.03	0.60—0.90	0.15—0.35	—

* 工厂俗称为 ZG5CrMnMo

注：① 化学成分中残余含 Cu 量不大于 0.30%。

② 在保证机械性能的条件下，允许化学成分有如下偏差：

C±0.02%；Mn±0.1%；Si±0.1%；

锰合金钢中：Mn±0.15%；

铬合金钢中：Cr±0.15%；

钼合金钢中：Mo±0.05%。

③ ZG35SiMn、ZG42SiMn 重型行业标准规定的含硅量为 0.60~0.80%；S、P 含量均为不超过 0.04%。

表 1-4

低 合 金 铸 钢 的 机 械 性 能

牌 号	热 处 理 类 型	σ_b	σ_s	δ_5	ψ	α_k	硬 度		用 途
		(公斤/毫米 ²)			(%)	(公斤·米/厘米 ²)	HB	表面淬火 (新HRC)	
		$\geq$							
ZG35Mn	正火、回火	60	35	14	30	5.0	175~195		用作耐磨和耐冲击的零件(如齿轮, 连杆等)
ZG40Mn	同 上	65	30	12	30	—	≥ 163	≥ 43 最大到55	在较高压力作用下, 作承受摩擦和冲击的零件(如齿轮等)
ZG45Mn	同 上	67	34	11	20	—	195~235		同上
ZG50Mn	同 上	68	35	10	18	—	180~220		用于制造耐磨性要求较高, 在高负荷作用下的零件(如齿轮, 齿轮轴等)
ZG65Mn	同 上		不	规	定		187~241		用于耐磨性较高的零件(如起重机, 矿山机器的车轮等)
ZG40Mn ₂	同 上	60	40	20	55	—	≥ 179		作承受摩擦的零件(如齿轮)。耐磨性较ZG40Mn高, 可代替ZG35CrMnSi
	调 质	85	70	13	45	4.5	269~302		
ZG50Mn ₂	正火、回火	80	45	18	37	—	200~260		制造高强度的零件(如齿轮、齿条等)
ZG20SiMn	同 上	52	30	14	30	5.0	≥ 156		焊接性好, 用于大型水轮机转轮, 水压机工作缸等
ZG35SiMn	同 上	58	35	12	20	3.0	170~210	≥ 38	制造承受摩擦的零件(如减速机齿轮, 摩擦压力机连杆等)
	调 质	65	42	12	25	3.5	207~241	最大到53	
ZG42SiMn	正火、回火	60	38	12	20	3.0	≥ 229		适用于齿轮, 车轮, 摩擦压力机的偏心轮等耐磨零件
	调 质	65	45	12	25	3.5	229~321		
ZG45SiMn	正火、回火	65	40	12	25	4.0	207~241		同上
ZG50SiMn	同 上	70	45	14	25	—	217~255		可代替ZG40Cr作齿轮等
ZG35SiMnMo	同 上	65	40	12	20	3.0	≥ 229		适用于齿轮, 车轮及其它零件
	调 质	70	50	12	25	3.5	229~321		
ZG40Cr	正火、回火	64	35	18	26	—	≤ 212		用于高强度的零件(如齿轮, 轮缘等)
	调 质	70	48	15	20	—	228~321		
ZG35CrMnSi	正火、回火	70	35	14	30	4.0	≤ 217	≥ 33 最大到53	用于承受冲击, 磨损的零件(如齿轮、滚轮等)
ZG20CrMo	同 上	47	25	18	30	3.0	135~180		用于汽轮机高压汽缸等, 可在500~520°C下工作
ZG35CrMo	同 上	60	40	12	20	3.0	185~240	≥ 38	用于做链轮、电铲的支承轮、轴套、齿圈、齿轮、剪切机刃台等
	调 质	70	55	12	25	4.0	—	最大到53	
ZG50MnMo	同 上	70	35	10	19	2.5	≤ 229		用于车轮等
ZG55CrMnMo	退 火		不	试	验		241~286		用于水压机切刀、模具、砧块等

注: ZG35CrMo在正火、回火后其 σ_b 和 σ_s 在实际生产中常达不到规定的数值可以按 $\sigma_b \geq 55$ 公斤/毫米², $\sigma_s \geq 33$ 公斤/毫米²验收。

2. 低合金铸钢的特性和用途

(1) 低锰合金铸钢

凡含锰量超过碳素铸钢的规定，而又小于百分之二的钢为低锰合金铸钢（如 ZG35Mn、ZG40Mn、ZG45Mn、ZG50Mn、ZG65Mn、ZG40Mn2、ZG50Mn2 等）。

在低锰合金铸钢中，锰可以与 α 铁、 γ 铁形成固溶体，也可以形成碳化物。锰能降低钢的共析温度并使“S”点左移，从而细化了珠光体组织，并增加了珠光体量，大大提高钢的强度和耐磨性，但同时也使钢的塑性降低。由于锰显著地降低了钢的 A_{r1} 温度和 $\gamma \rightarrow \alpha$ 的相变速度，因而又提高了钢的淬透性。低锰合金铸钢虽能细化二次结晶组织，但它在热处理时易产生过热现象，产生粗晶。加入百分之零点一到零点一五的钒（V），即能改善粗晶，并细化初晶，提高钢的塑性和冲击韧性。

低锰合金铸钢的含锰量达到一定程度时，随着含碳量的增加，淬透性提高，较易获得马氏体组织，热处理后能获得较好的综合机械性能和耐磨性；当含碳量一定时，随着含锰量的增加，淬透性增大，机械性能提高。低锰合金铸钢比碳素铸钢强度高，耐磨性也好，一般用来铸造承受较高强度、适当冲击负荷或耐磨损的铸件。

ZG50Mn2 在较高温度下仍有优良的耐磨性能，可以用来制造高炉大钟等铸件。但由于它的铸造收缩大，容易产生裂纹，在实际生产中应用较少。

(2) 硅锰二元系合金铸钢

低锰合金铸钢的铸态组织晶粒较粗，初晶晶界明显，为改善这方面的性能，可采用二元硅锰系的合金铸钢。硅能固溶于铁素体之中，强化铁素体，使铸钢具有更高的强度和耐磨性。在硅锰合金铸钢中，硅的含量高低，对铸钢性能有极大影响。含硅量过高，钢的铸造性能就较差。钢中含有悬浮的二氧化硅夹杂物，会使钢水流动性变差，需要较高的浇注温度，同时导热性也变差，铸造内应力增大，焊接性和切削加工性均不好，铸件容易产生冷裂纹。因此硅锰钢的含硅量不宜过高。实践证明，将 ZG35SiMn 和 ZG42SiMn 中含硅量调整到百分之零点六到零点九比较适宜，此时钢的综合机械性能较好。大件或复杂件可采用下限，小件或简单件可采用上限。

硅锰合金铸钢既适合我国资源条件，又在许多方面可代替含镍、铬、钼的低合金铸钢，节约很多贵重的合金元素。例如 ZG20SiMn 钢，不但机械性能和耐磨性较好，铸造性、焊接性亦佳，价格便宜，是制做大型水轮机转轮和水压机工作缸的优良材质之一。又如 ZG35SiMn 和 ZG42SiMn 等，用来制做齿轮类铸件，耐磨性好，寿命高，目前已成为我国齿轮类铸件的主要钢种。

(3) 含铬、钼等元素的低合金钢

铬、钼都能缩小钢的 γ 区，使 A_1 和 A_3 升高。铬一部分溶于铁素体，一部分溶于渗碳体内，奥氏体化后一般全部溶入奥氏体中，此时能显著提高钢的淬透性，增加钢的强度及塑性。但铬钢钢水容易氧化，使钢水变稠，降低了钢水的流动性。铬钢的导热性较差，一次结晶时，易得粗大树枝状结晶组织，增加热裂倾向，含碳量高时更甚。钢中含铬量过高，会增大缩孔体积，但低铬钢中含铬量仅百分之零点八到一点一，所以缩孔情况与相同含碳量的碳钢差别不大，一般情况下，其铸造性能与相应碳钢相近。

铬作为合金元素单独加入钢中时，虽能部分改善正火或调质后的力学性能，但作用不显著。因此在加入铬的同时，还需加入其它合金元素（如锰、镍等），或增加它们的含量，才能