

表 1.20 合金钢中主要合金元素的综合作用

元素名称	综合作用
Cr	<p>铬缩小 γ 相区。由于铬降低相变驱动力 $\Delta G_{\gamma \rightarrow \alpha}$, 并且也降低了相变时碳化物的形核长大, 所以提高钢的淬透性。Cr、Ni 等复合作用大, 如调质钢 40Cr、40CrNi、40CrNiMo。铬是碳化物形成元素, 回火时阻止 M_3C 型长大, 提高回火稳定性。如 40Cr 与 40 钢相比, 回火到相同硬度时, 回火温度可提高 $30 \sim 40^\circ\text{C}$。铬的碳化物较稳定, 不易长大, 所以能细化晶粒, 改善碳化物均匀性, 如 GCr15。铬促进杂质原子偏聚, 增大回火脆性倾向, 如 40CrNi</p> <p>铬能形成 Cr_2O_3, 提高 FeO 出现的温度, 因此提高钢抗氧化性和热强性; 铬增强固体中原子间结合力, 从而提高热强性。如耐热钢中, Mo-Cr-V 合金元素的复合作用。铬提高了固溶体电极电位, 符合 $n/8$-Tammann 定律, 提高耐蚀性。铬是不锈钢的主要元素。铬是铁素体形成元素, 提高 A_1 点, 提高淬火温度, 能提高热疲劳性。如 GCr15 钢的 A_1 温度为 840°C, 而 T10 为 780°C; 含 Cr 量多时可形成铁素体钢, 如 1Cr17</p> <p>铬降低钢的 M_s, 从而增加了钢的 A_R, 如 GCr15 比 T10 钢的 A_R 多, 分别为 8% 左右和 3% 左右</p>
Mn	<p>锰强化铁素体, 有固溶强化, 特别是在低合金普通结构钢中效果较好。锰降低相变驱动力 $\Delta G_{\gamma \rightarrow \alpha}$, 使“C”曲线右移, 所以提高钢的淬透性, 如 40Mn2。锰降低钢的 A_1 温度, 强化 C 的促进晶粒长大作用, 所以促进晶粒长大, 增大钢的过热敏感性。锰促进有害元素在晶界上的偏聚, 所以提高了钢回火脆性的倾向。锰强烈地降低钢的 M_s, 因此增加了淬火钢中的 A_R。因为锰扩大 γ 区的作用较大, 又与 γ-Fe 无限固溶, 所以钢中含锰量大时, 在室温下可获得奥氏体钢。锰与硫容易形成 MnS, 所以能减轻或消除钢的热脆性; 锰与氧容易形成 MnO, 因此是较好的脱氧剂</p>
Mo W	<p>钼元素大大推迟珠光体转变, 对贝氏体转变影响则较小, 所以钼能有效地提高钢的淬透性, 是贝氏体钢的主要合金元素。钼有效地抑制钢中有害元素的偏聚, 是消除或减轻钢高温回火脆性的有效元素。钼是较强碳化物形成元素, 降低钢中碳活度, 且其碳化物稳定不易长大, 所以能细化晶粒, 大为提高钢的回火稳定性</p> <p>钼元素较强地提高固溶体原子间结合力, 所以大为提高了钢的热强性, 如珠光体热强钢往往都采用了 Cr-Mo-V 系的合金化。钼能形成含 Mo 氧化物 MoO_3, 致密而稳定, 所以提高不锈钢在非氧化性酸中的耐蚀性, 有效防止点蚀, 如 9Cr18Ni12Mo3Ti</p> <p>钨对钢的淬透性、回火稳定性、力学性能及热强性的影响与钼相似, 但按质量分数比较, 其作用较钼为弱。钨是强碳化物和氮化物的形成元素, 钨的碳化物和氮化物硬而耐磨。钨在提高高速钢和基体钢的红硬性、耐磨性方面起了主要的作用</p>
Ni	<p>镍扩大 γ 区, 降低 A_1 温度, 稳定 A 组织。量大时, 可使钢在室温时为 A 组织, 如 18-8 奥氏体不锈钢。镍降低了钢中位错运动阻力, 使应力松弛, 所以能提高钢基体的韧度。如 40CrNi、40CrNiMo 钢和马氏体时效钢的韧度较高。镍降低相变驱动力 $\Delta G_{\gamma \rightarrow \alpha}$, 使“C”曲线右移, Cr-Ni 复合效果更好, 所以提高了钢的淬透性。如 12CrNi3、40CrNi。镍降低了 M_s, 从而增大了淬火钢中的残余奥氏体 A_R</p> <p>镍促进钢中有害元素的偏聚, 所以增大了钢的回火脆性, 如 40CrNi 回火脆性大</p>
Si	<p>硅是铁素体形成元素, 有较强的固溶强化效果, 所以可提高钢的强度, 如 60Si2Mn 等弹簧钢。含硅钢的可切削性往往较差。硅阻止碳化物形核长大, 使“C”曲线右移, 高 C 时作用较大, 所以也提高了钢淬透性。硅抑制 ϵ-K 形核长大及转变, 能提高钢的低温回火稳定性, 如 30CrMnSi、9SiCr。硅提高 A_1 温度, 所以含硅钢往往要相应地提高淬火温度, 如 9SiCr, A_1 温度为 770°C</p> <p>硅形成致密的氧化物, 提高抗氧化性, 如高温抗氧化钢 Cr18Si2, 排气阀用钢 4Cr9Si2。硅增大了钢中碳活度, 所以含 Si 钢的脱 C 倾向和石墨化倾向比较大, 如 9SiCr、60Si2Mn 等</p>
Ti Nb V	<p>钒是强碳化物形成元素, 形成的 VC 质点稳定性好, 且弥散分布, 所以能有效地提高钢的热强性, 如耐热钢中常以 Cr-Mo-V 复合合金化。VC 质点细小、稳定, 有效阻止晶界移动, 从而有效地细化晶粒, 如 40Mn2V、50CrV。VC 质点细小、稳定、弥散, 所以提高了钢的红硬性、耐磨性, 如高速钢中均含有 V 元素。VC 质点溶解温度较高, 晶粒不易长大, 因此含钒钢的过热倾向较小, 如 40Mn2V。但是 VC 质点硬度高, 在磨削加工过程中容易产生磨削裂纹, 所以含钒钢的磨削性比较差, 如 9Mn2V</p> <p>钛、铌是最强的碳(氮)化物形成元素, 其作用类似于钒。如固溶于奥氏体提高淬透性作用很强, 提高钢的回火稳定性, 并有二次硬化作用。能提高耐热钢的抗氧化性和热强性。在不锈钢中起防止和减轻晶界腐蚀和应力腐蚀的倾向。钛能有效地细化晶粒</p>

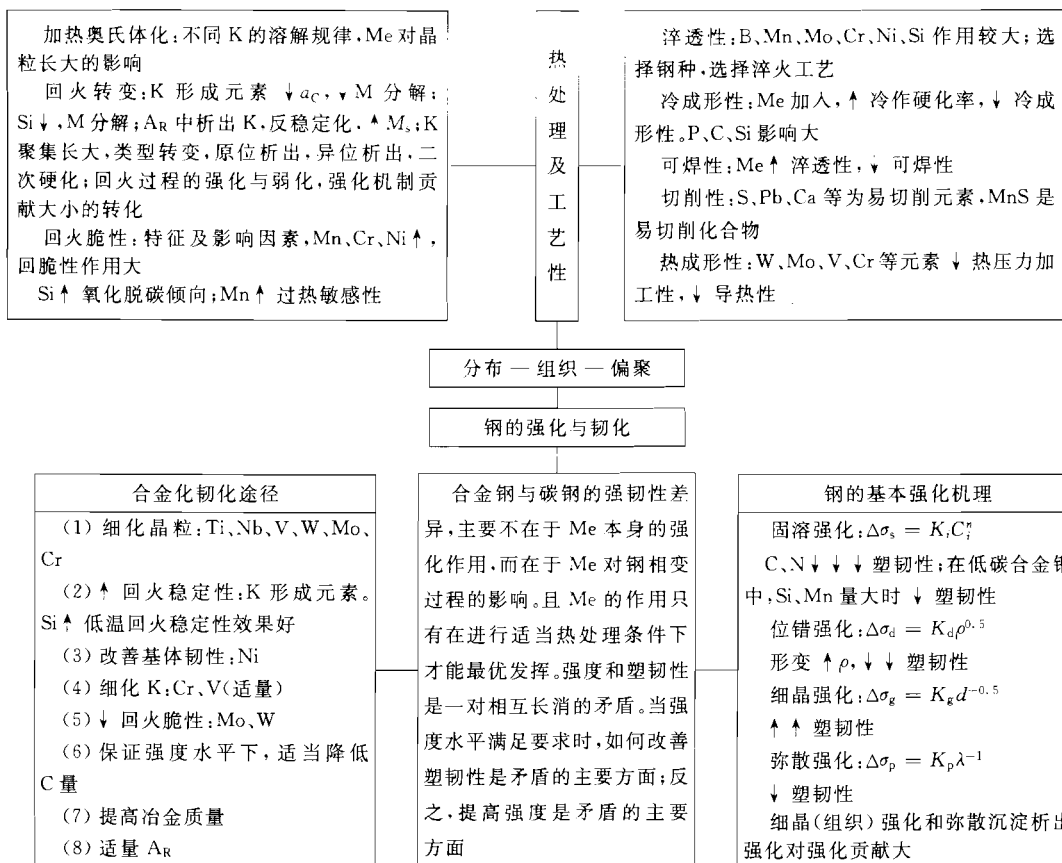
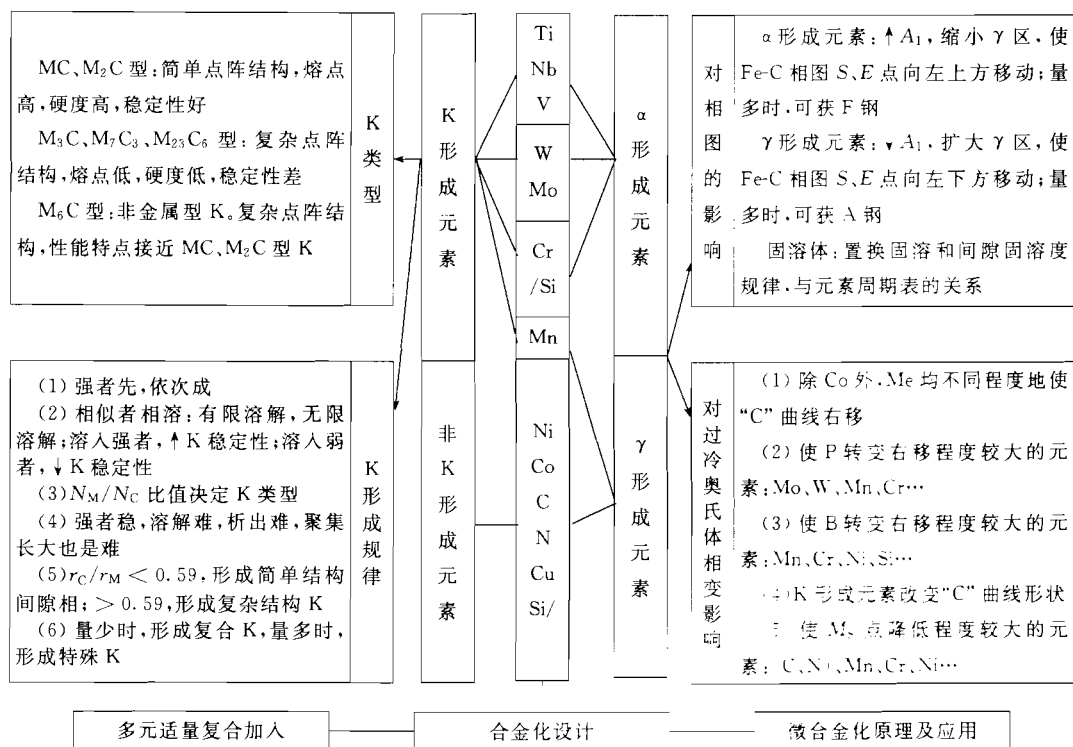


图 1.23 钢合金化原理和设计思路