

# 铬锰系（200 系）奥氏体不锈钢现状、发展与前景

杨长强

中国特殊钢企业协会不锈钢分会

锰是不锈钢生产的重要合金元素，在 CrNi 系不锈钢生产中作为脱氧元素，一般加入 1.5%Mn，在 Cr-Mn-Ni-N、Cr-Mn-N 系不锈钢中作为重要的合金化元素，一般加入 6~20%。铬系不锈钢研发始于 1912 年，Cr-Ni 奥氏体不锈钢研发始于 1913 年，Cr-Mn-Ni-N 不锈钢于 1926 年在德国首先开始研制，美国后来由于同样的原因，即战争导致镍短缺，开始以锰、氮代镍的不锈钢研究，至 40 年代便取得了显著成果。1955 年美国钢铁协会（AISI）就将低 Ni-CrMnN 不锈钢 AISI201、AISI202 纳入标准。1972 年日本将它们（SUS201、SUS202）纳入 JIS 标准，苏联 1972 年将 12X17Г9AH4（相当 AISI202）纳入标准。中国 1975 年将 1Cr17Mn6Ni5N（相当 201）和 1Cr18Mn8Ni5N（相当 202）纳入国标（GB）。研究发现 CrMn 系不锈钢有很多不可多得特性，如 1 固溶处理后高的强度，2 冷加工高的硬化率，高的强化系数，3 无磁性（冷加工状态下极低的导磁率），4 优良的耐磨性，5 较小的晶间腐蚀倾向。所以 CrMn 系不断得到改良和创新，不断开发出一系列新钢种，这就形成 CrMnN 不锈钢与 AISI300（CrNi 系）并列的 AISI200（CrMn 系）不锈钢。2002 年美国 ASTM 不锈钢标准中 CrNi300 系有 77 个标准牌号，CrMn200 系有 22 个牌号，如加上企业牌号将超过 30 个。中国特殊钢企业协会 2003 年 12 月发布《Cr-Mn 系不锈钢厚板、薄板和钢带技术规范》中纳入 16 个牌号。CrMn 系不锈钢已不完全是节镍概念上的钢种，而是发展一系列具有 CrMn 系不锈钢特有优异性能的材料。2003 年全世界 CrMn 系不锈钢产量达到不锈钢总量的 7.5%，2004 年产量占世界不锈钢总产量的 9%，已达 230 万吨，2007 年中国 CrMn 系不锈钢产量为 117.8 万吨，占中国不锈钢总产量的 16.35%。CrMn 系不锈钢市场扩大，中心已转移到印度和中国。

## 一、200 系不锈钢的概况

### 1、钢种和化学成分

200 系早期开发是以锰、氮代镍，代替 18-8 型铬镍奥氏体不锈钢。18-8 型 Cr-Ni 不锈钢 301、302、304（包括 321）占不锈钢总产量 50% 以上。这些钢种耐蚀性、机械性能、高低温性能、工艺性能、装饰性等综合性能极佳，广泛应用于民用到军用的各领域，民用的建筑装

饰。家用电器，厨房设备和器皿，交通运输，环境保护，市政建设；军工的航空，航天，核工业，舰船；工业领域的化工、化肥，石油，纺织，印刷，造纸，能源。表 1 列出了 AISI200 系列标准含锰奥氏体不锈钢。早期研究了节镍耐蚀的 201，202，204，205，206 也就是相对应 Cr-Ni 系的 301，302，304，305，316。接着研制 211，将低碳氮、加 Mn、Cu 的钢种，用

表 1 铬锰系（200 系）奥氏体不锈钢的化学成分

钢号			元素									
UNS	ASTM	AISI	C	Cr	Mn	Ni	Mo	Si	P	S	N	其他
S20100	201	201	≤ 0.15	16.00 /18.00	5.50 /7.50	3.50 /5.50		≤ 1.00	≤ 0.060	≤ 0.030	≤ 0.25	
S20103	201L	201L	≤ 0.03	16.00 /18.00	5.50 /7.50	3.50 /5.50		≤ 0.75	≤ 0.045	≤ 0.030	≤ 0.25	
S20153	201LN	T201LN	≤ 0.03	16.00 /17.50	6.40 /7.50	4.00 /5.00		≤ 0.75	≤ 0.045	≤ 0.015	0.10 /0.25	Cu≤1.00
S20161			≤ 0.15	15.00 /18.00	4.00 /6.00	4.00 /6.00		3.00 /4.00	≤ 0.040	≤ 0.040	0.08 /0.20	
S20200	202	202	≤ 0.15	17.00 /19.00	7.50 /10.00	4.00 /6.00		≤ 1.00	≤ 0.060	≤ 0.030	≤ 0.25	
S20300	XM-1	203EZ	≤ 0.08	16.00 /18.00	5.00 /6.50	5.00 /6.00	≤ 0.5	≤ 1.00	≤ 0.040	0.18 /0.35	-	Cu0.75/2.25
		204	≤ 0.08	17.00 /19.00	7.50 /10.00	4.00 /6.00	-	≤ 1.00	≤ 0.045	≤ 0.030	≤ 0.25	
		204L	≤ 0.03	17.00 /19.00	7.50 /10.00	5.00 /7.00	-	≤ 1.00	≤ 0.045	≤ 0.030	≤ 0.25	
S20400			≤ 0.03	15.00 /17.00	7.00 /9.00	1.50 /3.00		≤ 1.00	≤ 0.040	≤ 0.030	0.15 /0.20	
S20430			≤ 0.15	15.50 /17.50	6.50 /9.00	1.50 /3.00		≤ 1.00	≤ 0.060	≤ 0.030	0.05 /0.25	Cu2.00/4.00
S20500	205	205	0.12 /0.25	16.50 /18.00	14.00 /15.50	1.00 /1.75		≤ 1.00	≤ 0.060	≤ 0.030	0.32 /0.42	Nb0.10/0.30
S20910	XM-19		≤ 0.06	20.50 /23.50	4.00 /6.00	11.50 /13.50	1.50 /3.00	≤ 1.00	≤ 0.040	≤ 0.030	0.20 /0.40	V0.10/0.30
S21400	XM-31		≤ 0.12	17.00 /18.50	14.50 /16.00	≤ 1.00		0.30 /1.00	≤ 0.045	≤ 0.030	≤ 0.35	
S21500			0.06 /0.15	14.00 /16.00	5.50 /7.50	9.00 /11.00	0.80 /1.20	0.20 /1.20	≤ 0.040	≤ 0.030	0.25 /0.50	Nb0.75/1.25 V0.15/0.40 B0.003/0.009
S21600	XM-17	216	≤ 0.08	17.50 /22.00	7.50 /9.00	5.00 /7.00	2.00 /3.00	≤ 0.75	≤ 0.045	≤ 0.030	0.25 /0.50	
S21603	XM-18	216L	≤ 0.03	17.50 /22.00	7.50 /9.00	5.00 /7.00		≤ 0.75	≤ 0.045	≤ 0.030	0.25 /0.50	
S21800			≤ 0.10	16.00 /18.00	7.00 /9.00	8.00 /9.00		3.50 /4.50	≤ 0.040	≤ 0.030	0.08 /0.18	
S21900	XM-10		≤ 0.08	19.00 /21.00	8.00 /10.00	5.50 /7.50		≤ 1.00	≤ 0.060	≤ 0.030	0.15 /0.40	
S21904	XM-11		≤ 0.04	19.00 /21.50	8.00 /10.00	5.50 /7.50		≤ 1.00	≤ 0.060	≤ 0.030	0.20 /0.40	
S24000	XM-29		≤ 0.08	17.00 /19.00	11.50 /14.50	2.25 /3.75		≤ 1.00	≤ 0.060	≤ 0.030	0.20 /0.40	
S24100	XM-28		≤ 0.15	16.50 /19.50	11.00 /14.00	2.25 /3.75		≤ 1.00	≤ 0.060	≤ 0.030	0.20 /0.45	
S28200			≤ 0.15	17.00 /19.00	17.00 /19.00	-	0.50 /1.25	≤ 1.00	≤ 0.045	≤ 0.030	0.40 /0.60	Cu0.75/1.25
	211		≤ 0.07	16.00 /17.00	5.50 /6.50	5.00 /6.00		0.20 /0.70	≤ 0.040	≤ 0.030	-	Cu1.50/2.00
S21460	XM-14		≤0.1	17.00	14.00	5.00		≤	≤	≤	0.35	

			2	/19.00	/16.00	/6.00		0.75	0.060	0.030	/0.50	
--	--	--	---	--------	--------	-------	--	------	-------	-------	-------	--

于冷加工。201L、201LN 等是 201 的改进，解决晶间应力腐蚀问题。用作汽车、火车、地铁车厢相应构件。后来陆续发展了高强度耐蚀不锈钢 S21400 (XM-31), S24000 (XM-29, Nitronic33), S28200 (Carpenter18-18plus), S21900 (XM-11, Nitronic40), S20910 (XM-19, Nitronic50) 及 YUS120 等。XM-31、XM-11 用于航空，低温系统，无磁部件。XM-11、XM-19 等具有优于 316 的耐蚀性，用于泵、阀、紧固件、海洋用材，热交换器，弹簧等。1990 年新的 AISI203(XM-1, Cr17Ni5.5Mo0.25Cu2S0.25)易切削钢, AMCO 公司发展 S20161(Nitronic60, Cr17Ni8.5Mn8.5Si4N 耐磨自润滑不锈钢也列入标准。进一步开发一些无磁高强度 CrMnNiN 钢。

表 2 列出 Mn、N 带 Ni 高强度无磁不锈钢。YUS130 (C0.2Cr21Ni6Mn9N0.3) 是比较高 Cr、高 N 的材料，SUS205, NASNM15, NTKS-4 等几乎是完全用 Mn、N 代替 Ni 的 Cr17Mn15N0.35 钢。NASNM15M 为获得较好耐蚀性降低 C 保持一定 Ni 量。由于这些钢种 Mn 含量都在 10%以上，大大增加钢中 N 的溶解度，因此 N 含量都在 0.3~0.4%，固溶处理后可得到完全奥氏体组织而且十分稳定，冷作后可得到无磁高的强度。

表 2 无磁 CrMn 系奥氏体不锈钢的化学成分

钢号	C	Cr	Mn	Ni	Si	P	S	N
AISI205	0.12/0.25	16.50/18.00	14.00/15.50	1.00/1.55	≤0.5	≤0.030	≤0.030	0.32/0.50
NASNM15	0.12/0.25	16.00/18.00	14.00/16.00	1.10/2.00	≤0.75	≤0.045	≤0.045	0.32/0.40
NTK S-4	≤0.25	16.00/18.00	14.00/16.00	1.00/2.00	≤1.00	≤0.060	≤0.030	≤0.50
NASNM15M	0.040/0.090	16.50/17.50	14.00/15.00	4.00/4.60	≤0.90	≤0.045	≤0.045	0.30/0.35
YUS120	≤0.20	20.00/22.00	9.00/10.00	5.00/6.00	≤1.00	≤0.030	≤0.030	0.15/0.30

## 2、物理性能和机械性能

表 3 列出 201、202 和 205 与对应的 300 系钢固溶处理状态下的物理性能，从这表可看出 200 系和 300 系物理性能没有多大差别，几乎是相当的。但是冷加工后的透磁率的变化不同，由于冷作时诱变马氏体程度不同，透磁率上升 200 系比 300 系小（图 1）。

表 3 201、202、205 和 301、302、305 的物理性能

性能	201	202	205	301	302	305
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	7.93	7.92	7.80	7.93	7.93	7.93
弹性系数 (10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> )	197	197	197	193	193	193
线膨胀系数 (10 <sup>-6</sup> /°C)	0~100°C	15.7	17.0	-	17.0	17.2
	0~315°C	17.5	18.4	17.9	17.2	17.8
比电阻 (10 <sup>-8</sup> Ω·m)	69	69	72	72	72	72
比热 (J/kg·°C), 0~100°C	503	503	503	503	503	-
热传导率 (w/m·°C), 100°C	16.3	16.3	20.9	16.3	16.3	16.3
磁性	无	无	无	无	无	无

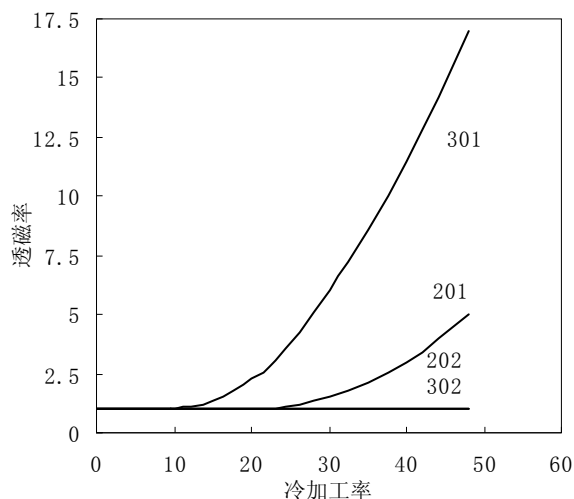


图1 201、202、301、302  
冷加工后的透磁率

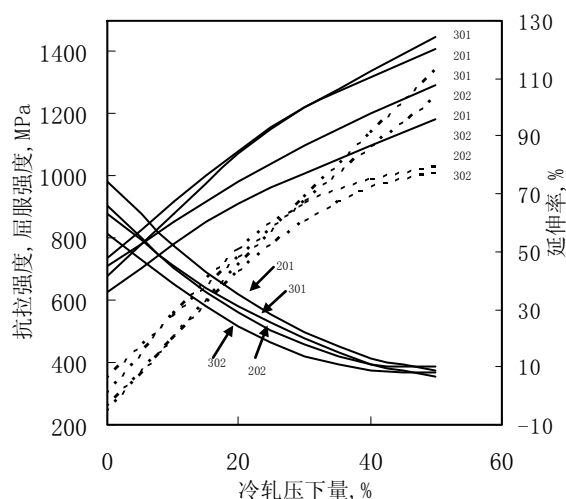


图2 冷加工对 CrNiMn 和 CrNi  
系不锈钢机械性能的影响

表 4 指出固溶处理状态下的机械性能，大部分 200 系钢中，由于含较多氮，有着比 300 系高的屈服强度。只有 211 由于低 C、N，有着较低的屈服强度。包括 211, S28200 (18-18plus), YUS120 等含 Cu 钢都有较高延伸率，优异冷加工性。

表 4 CrMn 系 (200 系) 奥氏体不锈钢的机械性能

钢号			抗张强度 MPa	屈服强度 MPa	延伸率 %	硬度 HRB
UNS	ASTM					
S20100	201		805	377	56	90
S20200	202		720	377	55	90
S20400	204L		711	384	51	90
S20430	204		681	347	51	98
	211		608	215	64	92
S21600	XM-17		741	425	51	94
S21603	XM-18		686	377	47	90
S21400	XM-31	Tenelon	862	549	45	98
S24000	XM-29	Nitronic33	789	466	50	95
S28200		18-18plus	858	480	62	94
S21904	XM-11	Nitronic40	773	448	42	95
S20910	XM-19	Nitronic50	830	446	46	98
S20103	201L		892	294	53	HV190
	301		758	276	60	85
	302		621	276	50	85
	304		579	290	55	80
	205		831	476	58	98
	Y120		784	290	56	HV200

201、202 与其他 200 系材料不同，与 301，302 等一样都属于亚稳奥氏体系不锈钢，有着较大的加工硬化性。图 2 示出这些钢加工硬化曲线。201 与 301 及 202 于 302 有类似的硬化特性。201，301 加工硬化性大一些。从图 1 看出马氏体的生成量，各牌号是不同的，202，304 马氏体生成的极少，加工硬化主要靠畸变。204、204L 以下各钢种，加工硬化几乎都是靠

畸变。

CrMnN 系材料的机械性能和透磁率见表 5。这些钢种固溶处理状态硬度在 HV250 左右，冷轧强化后强度更高，Hv 可达到 500，但在此状态下透磁率仍低于 1.005。

表 5 CrMnN 不锈钢机械性能和透磁率

钢种	固溶处理					冷轧状态					
	抗张强度 MPa	屈服强度 MPa	延伸率 %	硬度 Hv	透磁率 $\mu$	压下率 %	抗张强度 MPa	屈服强度 MPa	延伸率 %	硬度 Hv	透磁率 $\mu$
AISI205	631	470	58	240	$\leq 1.005$	70	1715	1421	4	500	$\leq 1.005$
NAS NM15	862	510	52	240	$\leq 1.005$	70	1715	1441	4	500	$\leq 1.005$
NTK S-4	862	598	51	275	$\leq 1.005$	70	1749	1470	4	500	$\leq 1.005$
NAS NM15M	804	431	50	210	$\leq 1.005$	90	-	-	-	500	$\leq 1.005$
YUS130	853	500	43	245	$\leq 1.005$	60	1764	-	4	500	$\leq 1.005$

### 3、耐蚀性及其它性能

不锈钢耐蚀性一般取决于钢的组成元素，随着 Cr、Mo、N 等含量而改善，Mn 降低耐蚀性。表 6 列出 201，202 和 301，302 在各种介质中的耐蚀性。在所试验的介质中，它们之间的耐蚀性基本相当，但在盐雾试验，室温 65% $\text{HNO}_3$  和 50% $\text{H}_3\text{PO}_4$  中 201、202 的耐蚀性较 301、302 差些。所以 201、202 系那样低 Ni 钢种在酸、碱中使用仅限于稀薄的溶液，而在耐大气腐蚀上接近 301、304。但是应该指出高 Mn 钢耐晶间腐蚀性能较 Ni 系要好，因为 Mn 提高 C 在钢中固溶度。图 3 指出 202 和 304 出现晶间腐蚀的临界碳含量，202 临界碳含量为 0.07%，304 为 0.03%。不锈钢耐点蚀性主要取决于钢中 Cr、Mo、N 含量，216(0Cr21Mn8.5Ni6Mo2.5N) 和 XM-19(0Cr22Ni13Mn6Mo2.5N) 耐点蚀性优于 CrNi 系 316(0Cr12Ni14Mo2)，XM-19 还有较好的抗氧化性。车辆用材料，原来使用的 201，301 等硬化、半硬化材料，焊后产生晶间腐蚀应力破裂，为此 1990 年成功提供降低碳含量的 201L、201LN，解决此问题，现已在实际应用。含 Mn 奥氏体系不锈钢几乎都含有大量 N，较 300 系 Cr-Ni 钢高温强度高（图 4），抗高温氧化性比 300 系稍差，作为耐热钢使用，抗氧化温度为 800~850℃，XM-11 由于有较高 Cr，抗氧化性能与 304 相当，使用温度为 850~900℃。

表 6 AISI201、202 于 301、302 室温耐腐蚀性能对比

介质	腐蚀率		介质	腐蚀率	
	201	301		202	302
65% $\text{HNO}_3$	0.0432	0.0381	65% $\text{HNO}_3$	0.0459	0.0229
8% $\text{H}_2\text{SO}_4$ +1% $\text{CuSO}_4$	0.00076	0.00051	5% $\text{H}_2\text{SO}_4$	0.000	0.000
5%乳酸	0.00025	0.00025	50% $\text{H}_3\text{PO}_4$	0.0076	0.0025
10%乳酸	0.00025	0.00025	2% $\text{HCl}$	0.0025	0.0025
60%醋酸	0.00025	0.00025	15%醋酸	0.000	0.000
盐雾试验	腐蚀面积 40~60%		15%乳酸	0.000	0.000

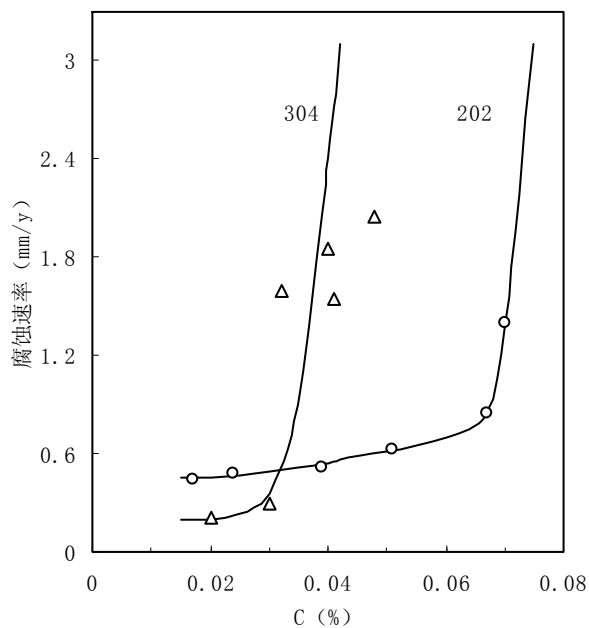


图3 碳含量对于 650℃敏化 2 小时处理的材料在 65% $\text{HNO}_3$  沸腾溶液中腐蚀率的影响

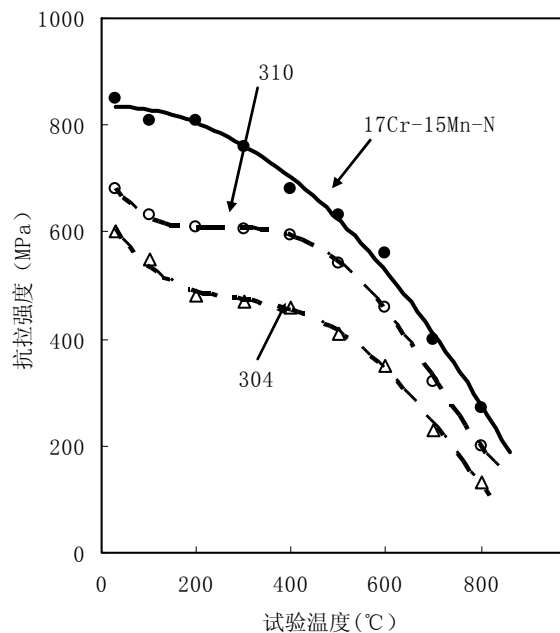


图4 17Cr-15Mn-N 钢高温抗张强度

关于 200 系钢的二次加工性，冲压成型性，前面已谈到，屈服强度高，稍硬一些，除了需考虑制作设备功率外，与 Cr-Ni 奥氏体钢具有同样的优异性能。

## 二、近十年我国不锈钢的发展概况

近十年我国不锈钢实现了快速发展，1998 年粗钢产量仅 26.35 万吨，2007 年达到 720.6 万吨，10 年增长 26.3 倍。2006 年就已经超过日本，跃居世界第一。不锈钢产能以达到 1000 万吨以上，而且多采用世界先进工艺技术装备。太钢新不锈钢工程建成投产，成为年产能 300 万吨全球最大的工艺设备最先进的不锈钢企业。宝钢年产量 144 万吨不锈钢工程全面建成投产，张浦、上海克虏伯、酒钢、青浦、联众都相继建成投产。大批民营资本也进入不锈钢材料生产领域，一批普遍采用电炉-炉外精炼-连铸生产的合理工艺技术的不锈钢民企成为我国不锈钢行业的一支重要力量，如福建吴航、青山集团、内蒙华业、西南不锈等。

钢种结构日趋合理。10 年前我国不锈钢类基本上以奥氏体和马氏体为主，同时生产少量的上述标准 CrMn (200 系) 不锈钢，基本上不能生产铁素体不锈钢。十年来发生了巨大的变化，2006 年 Cr 钢 (400 系) 生产 118.6 万吨，占不锈钢年产量的 22.34%，CrMn 钢 (200 系) 81.1 万吨，占 15.3%。2007 年 Cr 钢 (400 系) 生产 183.9 万吨，占不锈钢产量 25.52%，CrMn 钢 (200 系) 117.8 万吨，占 16.35%。Cr 钢除传统的 409、430 外，新开发的 434、436、439

和 444 不锈钢等现代铁素体不锈钢新品已供应市场，443、445、446 高 Cr、高 Cr、Mo 铁素体不锈钢正在开发，即将进入市场。CrMn 钢（200 系）除传统的 201、202、204、219 等外，主要围绕经济性亚稳奥氏体不锈钢、高强度 CrMnN 不锈钢奥氏体不锈钢和超级奥氏体不锈钢进行开发。

### 三、铬锰系不锈钢近十年来的发展

近十几年 Mn 系不锈钢发展主要围绕着三个方面：1、经济性亚稳奥氏体不锈钢，2、高强度 CrMnN 奥氏体不锈钢，3、超级奥氏体不锈钢。

#### 1、经济性亚稳奥氏体不锈钢

研发的核心仍然是节镍，廉价，良好的机械性能和成形性能。表 7 列出各国研发的经济型 CrMn 系不锈钢，表 8 列出亚稳奥氏体不锈钢的物理性能，表 9 列出亚稳奥氏体不锈钢的机械性能。

表 7 经济型 CrMn 系亚稳奥氏体不锈钢

钢号	C	Cr	Ni	Mn	Mo	Cu	N	Si	P	S
204Cu	≤0.15	15.00/17.50	1.50/3.50	6.00/9.00	0.2	2.00/4.00	≤0.25	≤1.00	≤0.045	≤0.030
NTK D-7	≤0.12	16.00/18.00	2.00/4.00	5.00/7.00		1.50/3.50	≤0.25	≤1.00	≤0.045	≤0.030
NTK D-9	≤0.12	16.00/18.00	3.00/5.00	4.00/6.00		1.50/3.50	≤0.20	≤1.00	≤0.045	≤0.030
NTK D-10	≤0.08	16.00/18.00	4.00/6.00	3.00/5.00		2.00/3.00	0.15	≤1.00	≤0.045	≤0.030
204M	≤0.15	15.00/17.00	1.50/3.50	6.00/9.00			≤0.25	≤1.00	≤0.045	≤0.030
J1	≤0.08	15.00/17.00	4.00/5.00	7.00/8.00		≤1.5	0.10	≤1.00	≤0.075	≤0.030
J4	≤0.10	14.00/16.00	0.80/1.20	8.50/10.00		≤2.0	0.20	≤0.75	≤0.075	≤0.030

表 8 亚稳奥氏体不锈钢物理性能

钢种	密度 g/cm <sup>3</sup>	平均热膨胀系数 10 <sup>-6</sup> /°C		特定温度下的电阻 μ Ω/cm	导热率 w/cm·°C		比热 J/g·°C	弹性模量 N/mm <sup>2</sup>	熔点 °C
		0~100°C	0~500°C		100°C	500°C			
NTKD-7	7.84	16.9	18.6	77	0.15	0.24	0.53	198000	1400/1450
NTKD-10	7.86	16.9	18.6	77	0.15	0.24	0.53	198000	1400/1450
SUS304	7.93	17	18	72	0.17	0.21	0.55	198000	1400/1450

表 9 亚稳奥氏体不锈钢机械性能

钢种	规格 mm	抗张强度 MPa	屈服强度 MPa	延伸率%	硬度 Hv	抗弯性 R=1,180°	Er
204Cu (3%Cu)	棒 φ5	962	486	-	-	-	
204Cu (2%Cu)	棒 φ5	1004	499	-	-	-	
304	棒 φ5	869	392	-	-	-	
NTK D-7	板 0.8	727	409	45	202	无裂纹	12.9
NTK D-10	板 0.8	618	314	51	175	无裂纹	13.2
204M	板 1	839	488	53	-	无裂纹	-
304	板 1	618	314	59	170	无裂纹	13.2
J4	板 1	850	490	61	210	无裂纹	13.2

204Cu 的 Ni 含量较 304 低 6%，加入 3%Cu，8%Mn，≤0.25N，有着与 304 类似的成型性，加工硬化速率和耐蚀性。棒、线材已大量取代 304，供冷锻紧固件、弹簧、丝/绳、钉、

护板、钢带生产。NTK D-7 与 204Cu 基本相似。NTK D-9 、NTK D-10 是在 NTK D-7 基础上将 Ni 从~3%分别增加到~4%、~5%，N 从 0.25%降至 0.20%、0.15%，此二钢种强度略有降低，塑性稍有提高，钢的成型、耐蚀性较 NTK D-7 稍好。NTK D-9、NTK D-10 与美国 AISI211 类似，多用于生产板材，适于厨房设备，电气设备，器皿，室内装饰等使用。J4 的 Cr 降至 16%以下，Ni 降至 1%，加入 1.5%Cu，N ≤0.20%，J4 固溶处理后为单一奥氏体组织，强度及加工硬化速率高于 304，成型性与 304 相当。但是 J4Cr 在 16%以下，Ni 仅为 1%，又加入 9%Mn。如图 5 所示 CrMn 钢中合金元素对在 1000ppmCl<sup>-</sup>、80℃溶液中点蚀电位的影响。点蚀电位与 Cr+3.3Mo+30N-Mn 成正比，这意味着 Mn 的加入降低钢的耐蚀性。图 6、表 10 示出了 J4、409、00Cr13、439、304 在 30℃的 3.5%NaCl 溶液中的点蚀电位，409 的耐蚀性（点蚀电位）与 409 相当。较 439、304 差得多。因此，J4 只适用于室内的装饰、室内用具，器皿，要求强度的弱腐蚀介质。204M 有着优异的强度和塑性配合，特别在不同冷变形量下强度和塑性都比相对应的 304 高，适宜于做汽车机构部件，如空间构架，底盘和结构件，燃料缶和冲击吸收部件。

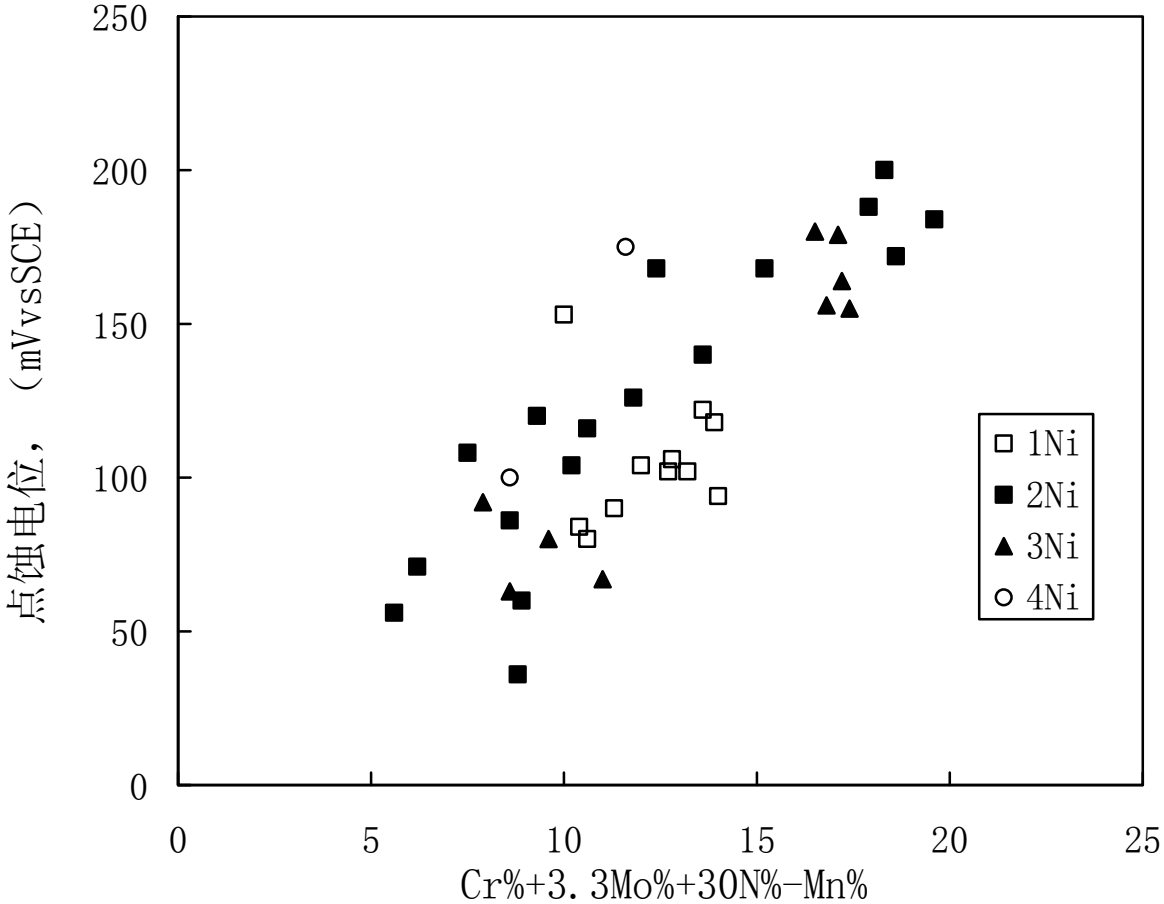


图 5 CrMnNiN 奥氏体不锈钢中合金元素对点蚀电位的影响

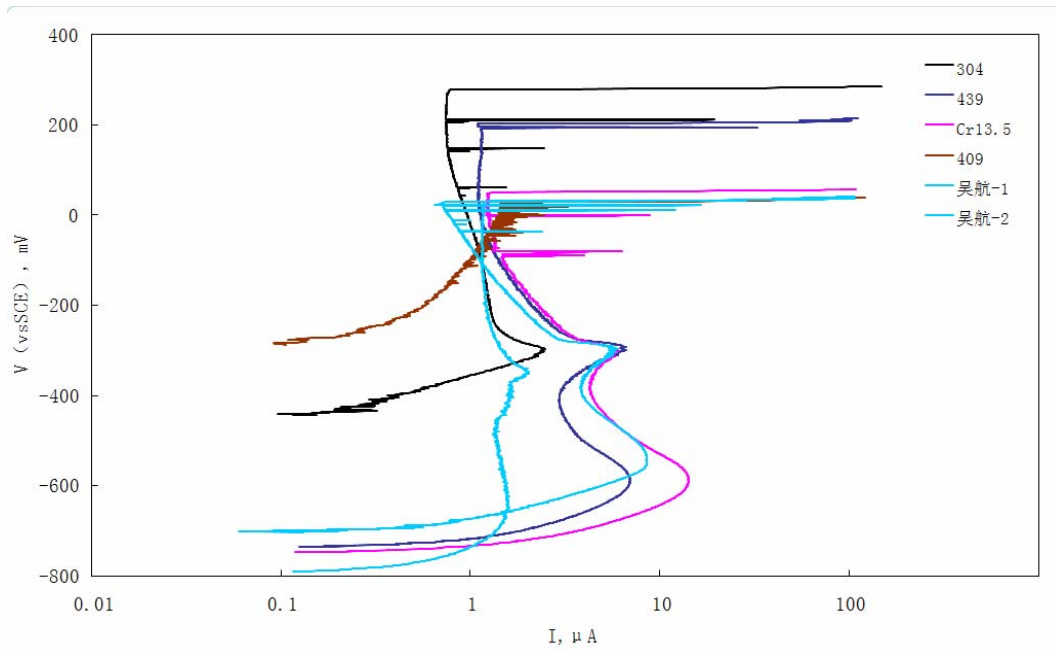


图 6 J4、409、00Cr13、439、304 不锈钢  
在 30°C 3.5%NaCl 溶液中的极化曲线（击穿电位）

表 10 J4、409、0Cr13、439、304 在中性氯化物中耐点蚀性

钢号	化学成分	厂家	供货状态	试验溶液	点蚀电位
J4 (201)	0.090C-14.78Cr-1.01Ni-9.57Mn-1.52Cu-0.15N	华光	固溶处理	30°C, 3.5%NaCl	26mV, 49mV
J4 (201)	0.079C-14.45Cr-0.98Ni-8.92Mn-1.42Cu-0.13N	联众	固溶处理		33 mV, 46 mV
J4 (201)	0.080C-14.22Cr-0.82Ni-9.73Mn-1.54Cu-0.16N	吴航	固溶处理		35 mV
J4 (201)	0.082C-14.74Cr-0.90Ni-9.34Mn-1.45Cu-0.12N	瑞田	固溶处理		20 mV
J4 (201)	0.071C-14.58Cr-0.85Ni-9.60Mn-1.46Cu-0.13N	西南	固溶处理		21 mV
409	0.007C-10.99Cr-0.20Mn-0.50Si-0.24Ti	宝钢	退火处理		29 mV, 37 mV
00Cr13	0.026C-13.60Cr-0.50Mn-0.50Si	宝钢	退火处理		50 mV, 60 mV, 76 mV
439	0.016C-17.32Cr-0.091Mn-0.31Si-0.15Ti	太钢	退火处理		213 mV, 216 mV
304	0.045C-18.24Cr-8.17Ni-0.88Mn-0.24Si	太钢	固溶处理		285 mV

## 2、高强度 CrMnN 奥氏体不锈钢

CrMnN 不锈钢具有很多重要特性：高强度，高耐磨性，高韧性、耐蚀性、无磁性，近十年来随着冶金技术的进步，使之得到发展并已在某些工业领域应用。表 11 列出各国研发一些高强度 CrMnN 钢。

CrMnN 不锈钢固溶处理和冷作后的机械性能是十分诱人的，钢的屈服强度是 Cr18Ni9 的 2.5~3 倍，而且延性不低于 Cr18Ni9（表 12、图 7）。室温 ISO-Y 冲击韧性 280J，冷至-80 冲

表 11 高强度 CrMnN 奥氏体不锈钢化学成分 (wt%)

钢号	C	Mn	Cr	Mo	Ni	N
Cr19Mn10N0.5	0.08	10	19	-		0.5
Cr18Mn18N0.5	0.08	18	18	-		0.5
Cr21Mn23Mo0.7N1	0.08	23	21	0.7		1.0
Cr18Mn18N0.9	0.08	18	18	-		0.9
Cr16Mn14Mo3N0.9		14	16	3		0.9
StabAlloy AG17	0.03	20	17	0.5		0.5
P553	0.06	20	14	0.5		0.3
P557	0.06	19	18	-	1	0.6
P558	0.20	10	17	3.1		0.5
P559	0.06	18	18	1.9		0.8
P555	0.06	20	18	0.3	1	0.6
P560	0.06	24	21	0.3	2	0.9
P562	0.15	18	22			0.7
P563	0.10	23	18	2.5	4	0.5

表 12 三种 CrMnN 钢固溶处理后的机械性能

钢种	Rp0.2	Rm	A	Z
0Cr19Mn10N 0.5	550	900	50	65
0Cr18Mn18N 0.6	550	900	50	65
0Cr21Mn23 Mo0.7	600	950	50-	65

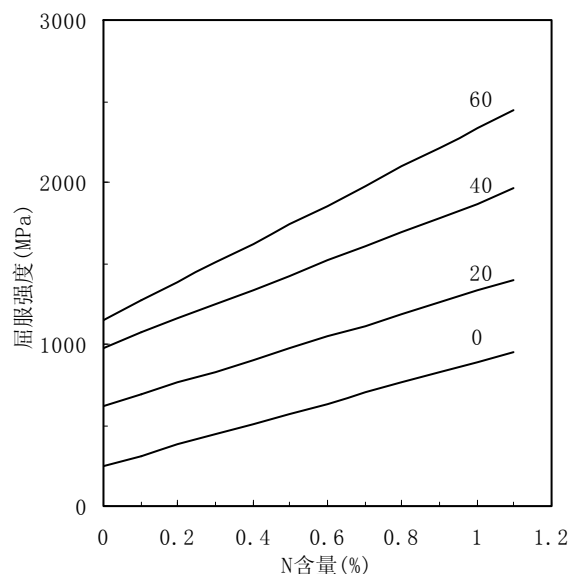


图 7 N 和冷加工对 CrMnN 和 CrNiN (固溶处理后晶粒 50~150m) 屈服强度的影响

击韧性仍有 70J。CrMnN 奥氏体不锈钢靠变形再结晶细化晶粒，随后冷轧，冷拔和时效，钢的屈服强度可达到 3400MPa，可用作弹簧，弹簧线圈，橡胶加强丝（高压软管）。CrMnN 钢有很高的加工硬化能力，磨损表面容易加工硬化，高 Cr，有相当好的耐蚀性，97 年南非引进了 0Cr19Mn10N0.5 牌号，大量用于采矿工业。电厂发电机护环要求材料，无磁、高强度、高

韧性、耐蚀。以前采用 Mn18Cr4C0.5，因耐蚀性、韧性满足不了要求，近十年已改换成 0Cr18Mn18N0.6，0Cr18Mn18N0.9。护环环境温度  $\geq 100^{\circ}\text{C}$ ，采用了耐蚀性更好的 0Cr16Mn14Mo3N0.9 钢。石油钻探、勘探需要无磁钻铤。无磁钻铤是一种长的无缝厚壁管，管内装入各种仪器，要求钻铤无磁、高强度、耐蚀，表 11 所列钢种是具有不同强度，不同耐蚀性的无磁材料，已广泛采用，我国每年需要几千吨。

### 3、超级奥氏体不锈钢

沿海电厂热交换器、海水淡化、脱盐工业，烟道脱硫等设备以往必须采用 Ti 合金，或 Ni-Cr-Mo 合金，近十年研发一些高氮的 CrNiMnMoN 钢可以代替价格昂贵的 Ti、Ni-Cr-Mo 合金。表 13 列出了近十几年来研发的新钢种。这些钢种都有高 Cr、Mn、Mo 和特别高的 N，所以都有极高的强度和耐点蚀、缝隙腐蚀性能。德国合金 1.4565 已被选用作为排烟除硫、沿海海水淡化和脱盐装置的材料，并且被确定为我国天津海水淡化用设备首选材料。

表 13 超级奥氏体不锈钢化学成分 (wt%)

钢种	C	Cr	Ni	Mo	Mn	N
1.4565	0.02	24	18	4.5	6	0.5
934LN	0.02	20	15	4.5	10	0.4
654SMo	0.02	24	22	7.3	3	0.5
B66	0.02	24	22	5.6	3	0.5

## 四、CrMn 系不锈钢发展前景

根据国内外市场的需求及我国工业发展的情况，CrMn 系奥氏体不锈钢系列中的亚稳奥氏体不锈钢和特殊性能的 CrMnN 奥氏体不锈钢将会有较大的发展。

### 1、亚稳奥氏体不锈钢

CrMn 系亚稳奥氏体不锈钢有着较 304 不锈钢高的强度，较好的强度和韧性的配合，较好的成型性、抛光性、可焊性，廉价，但是有着比 304 差的耐蚀性。产品使用中出现问题，如在沿海或潮湿的大气中出现锈蚀，城市过街天桥、室外装饰都呈现严重锈蚀。。为了 CrMn 系亚稳奥氏体不锈钢进一步发展，应加强 CrMn 系（200 系）不锈钢的试验研究，对 J4 的成分进行必要调整。研究各钢种的耐蚀性能，综合性能。根据使用条件、环境正确选择钢种。对号入座的在交通运输、家用电器、建筑装饰、厨房设备等领域应用。充分发挥材料特性又不超过材料耐蚀性能使用极限，欧洲生产商在 2007 年召开“解决生产 200 系问题”上提出

Cr 的最低标准不能低于 16.5%，印度不锈钢研究人员也提出将 J4 钢中 Cr 提高至 16.5% 以上的意见。如果能正确选用 CrMn 系（200 系）不锈钢，无论在生产上，设备制造上，使用效果上都会达到价廉物美。不锈钢在民生上需要量很大，只要我们生产出价廉物美的产品，CrMn 系不锈钢必然会有更好的发展。

## 2、特殊性能的 CrMnN 奥氏体不锈钢

高氮 CrMnN 奥氏体不锈钢具有高的强度、韧性，高耐磨性，无磁性，耐蚀性等特性，在工业上有广泛的需要。今后在以下诸多方面会有较大的发展：1、高强度、高耐蚀性和良好低温韧性的高氮 CrMnNiN 钢，可为飞机、宇航和舰船提供性能优异的棒、丝、锻件、中板、薄板来制作容器、管、阀、缆线等。2、耐磨、耐蚀、高韧性高氮 CrMnN 奥氏体不锈钢，可为采矿工业提供耐蚀，耐磨机械设备，采掘设备用材。3、无磁、高强度、耐蚀高氮 CrMnMoN 奥氏体不锈钢，可为油田提供无磁钻铤，为电厂发电机提供无磁护环等 4、高耐点蚀、耐缝隙腐蚀高氮 CrNiMnMoN 奥氏体不锈钢，可为沿海工厂海水热交换器、海水淡化设备、排烟除硫装置提供优异材料。