

钢号与 质量等级	屈服点 σ_s /MPa (不小于) 在钢材不同厚度或直径时/mm					
	≤16	>16~40	>40~60	>60~100	>100~150	>150
Q195 ^①	195	185	—	—	—	—
Q215A Q215B	215	205	195	185	175	165

(续)

钢 号 与 质量等级	屈服点 σ_s /MPa (不小于) 在钢材不同厚度或直径时/mm					
	≤ 16	$>16\sim 40$	$>40\sim 60$	$>60\sim 100$	$>100\sim 150$	>150
Q235A, B Q235C, D	235	225	215	205	195	185
Q255A Q255B	255	245	235	225	215	205
Q275	275	265	255	245	235	225

① Q195 钢的屈服点不作交货条件, 供参考。

表 2-3 碳素结构钢的力学性能 (二)

钢 号 与 质量等级	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ_5 (%) (不小于) 在钢材不同厚度或直径时/mm						冲击试验 ^①	
		≤ 16	$>16\sim 40$	$>40\sim 60$	$>60\sim 100$	$>100\sim 150$	>150	温度	冲击吸收功
								/°C	A_{KV} /J
Q195	315~430	33	32	—	—	—	—	—	—
Q215A	335~450	31	30	29	28	27	26	—	—
Q215B								20	≥ 27
Q235A	375~450	26	25	24	23	22	21	—	—
Q235B								20	≥ 27
Q235C	375~450	26	25	24	23	22	21	0	≥ 27
Q235D								-20	≥ 27
Q255A	410~550	24	23	22	21	20	19	—	—
Q255B								20	≥ 27
Q275	490~630	20	19	18	17	16	15	—	—

① 冲击试验采用 V 形缺口的纵向试样。

c. GB 标准碳素结构钢的冷弯性能, 见表 2-4。

表 2-4 碳素结构钢的冷弯性能

钢 号	试样方向	180°冷弯试验 $b=2a$ 在钢材不同厚度或直径时/mm		
		≤ 60	$>60\sim 100$	$>100\sim 200$
Q195	纵向	0	—	—
	横向	$d=0.5a$	—	—
Q215	纵向	$d=0.5a$	$d=1.5a$	$d=2a$
	横向	$d=a$	$d=2a$	$d=2.5a$
Q235	纵向	$d=a$	$d=2a$	$d=2.5a$
	横向	$d=1.5a$	$d=2.5a$	$d=3a$
Q255	—	$d=2a$	$d=3a$	$d=3.5a$
Q275	—	$d=3a$	$d=4a$	$d=4.5a$

注: B—试样宽度; d —弯心直径; a —钢材厚度或直径。

d. GB 标准碳素结构钢的性能特点与用途，见表 2-5。

表 2-5 碳素结构钢的性能特点与用途

钢 号	性能特点	用途举例
Q195	较高的塑性、韧性和焊接性能，良好的压力加工性能，但强度低	载荷小的零件、垫块、铆钉、地脚螺栓、犁铧、烟筒、屋面板、低碳钢丝、薄板、焊管、拉杆、开口销，以及冲压零件、焊接件等
Q215	性能与 Q195 相近，但塑性稍差	薄板、镀锌钢丝、钢丝网、焊管、地脚螺栓、铆钉、垫圈、犁板，以及渗碳零件、焊接件等
Q235	良好的塑性、韧性和焊接性能、冷冲压性能，以及一定的强度，好的冷弯性能，适合钢结构及钢筋混凝土结构用钢要求	广泛用于制造薄板、钢筋、钢结构用各种型钢、建筑结构、桥梁、机座、机械零件、渗碳或碳氮共渗零件、焊接件、支架、受力不大的拉杆、连杆、销、轴、螺钉、螺母、套圈等
Q255	较好的强度和冷、热压力加工性能，塑性和焊接性能稍差	钢结构用各种型钢、条钢、钢板、桥梁，强度要求不高的机械零件，如螺栓、键、摇杆、轴、拉杆等
Q275	具有较高的强度、硬度，较好的耐磨性，一定的焊接性能和切削加工性能，小型零件可以淬火强化，塑性和韧性低于 Q255	钢筋混凝土结构配筋、钢构件，要求强度较高的零件，如齿轮、轴、链轮、键、刹车杆、连杆、吊钩螺栓、螺母、农机用型钢、输送链和链节

e. 现行 GB/T 700 标准与旧 GB 700 标准钢号比较

现行 GB/T 700 标准系参照国际标准 ISO 630《结构钢》制定的，而旧 GB 700—1979 标准主要参照前苏联 ГОСТ 380 制定，因此两者的钢号表示方法以及对钢号所规定的技术条件都有较大差别。现将两个标准的钢号及技术条件比较如下，见表 2-6。

表 2-6 碳素结构钢现行标准与旧标准的钢号及技术条件比较

GB/T 700—1988 标准		GB 700—1979 标准	
钢 号	技术条件	钢 号	技术条件
Q195	不分等级，其化学成分和力学性能（ σ_s 、 σ_b 、 δ 和冷弯）均须保证 对轧制薄板和盘条等产品，其力学性能的保证条件，可根据产品特点和使用要求，在有关标准中另行规定	A1 B1	A1 钢保证的力学性能（ σ_s 、 σ_b 、 δ 和冷弯），B1 钢保证的化学成分与 Q195 钢相同 A1 钢的冷弯试验是附加保证条件 1 号钢没有特类钢
Q215	分 A、B 等级，规定的化学成分和力学性能均须保证 Q215A 不作冲击试验 Q215B 须作室温冲击试验，用 V 形缺口试样	A2 C2	A2 钢保证的力学性能，C2 钢保证的化学成分及力学性能，与 Q215 钢基本相同

(续)

GB/T 700—1988 标准		GB 700—1979 标准	
钢 号	技术条件	钢 号	技术条件
Q235	分 A、B、C、D 等级，规定的化学成分和力学性能均须保证 Q235A 不作冲击试验 Q235B 须作室温冲击试验，用 V 形缺口试样 Q235C、Q235D 用于重要焊接结构，前者于 0℃ 作冲击试验，后者于 -20℃ 作冲击试验，试样同上	A3 C3	A3 钢保证的力学性能，C3 钢保证的化学成分及力学性能，与 Q235 钢基本相同 A3 钢附加保证常温冲击试验，用 U 形缺口试样 C3 钢附加保证常温或 -20℃ 冲击试验，试样同上
Q255	分 A、B 等级，规定的化学成分和力学性能均须保证 Q255A 不作冲击试验 Q255B 须作室温冲击试验，用 V 形缺口试样	A4 C4	A4 钢保证的力学性能，C4 钢保证的化学成分及力学性能，与 Q255 钢基本相同 C4 钢附加保证冲击试验，用 U 形缺口试样
Q275	不分等级，规定的化学成分和力学性能均须保证	C5	C5 钢保证的化学成分及力学性能，与 Q275 钢基本相同

(2) 中国 GB 标准桥梁用结构钢 [GB/T 714—2000]

a. GB 标准桥梁用结构钢的钢号与化学成分，见表 2-7。

表 2-7 桥梁用结构钢的钢号与化学成分（质量分数）（%）

钢 号	质量等级	统一数字代号	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Al _s	Ceq
Q235q	C	U32353	≤0.20	≤0.30	0.40~0.70	0.035	0.035	—	—
	D	U32354	≤0.18	≤0.30	0.50~0.80	0.025	0.025	≥0.015	
Q345q	C	L13453	≤0.20	≤0.60	1.00~1.60	0.035	0.035	—	0.43
	D	L13454	≤0.18	≤0.60	1.10~1.60	0.025	0.025	≥0.015	
	E	L13455	≤0.17	≤0.50	1.20~1.60	0.020	0.015	≥0.015	
Q375q	C	L13703	≤0.18	≤0.50	1.20~1.60	0.035	0.035	—	0.44
	D	L13704	≤0.17	≤0.50	1.20~1.60	0.025	0.025	≥0.015	
	E	L13705	≤0.17	≤0.50	1.20~1.60	0.020	0.015	≥0.015	
Q420q	C	L14203	≤0.18	≤0.50	1.20~1.60	0.035	0.035	—	0.45
	D	L14204	≤0.17	≤0.60	1.30~1.70	0.025	0.025	≥0.015	
	E	L14205	≤0.17	≤0.60	1.30~1.70	0.020	0.015	≥0.015	

注：1. 表中的酸溶铝（Al_s）可用测定全铝含量代替，此时铝含量应为 0.020%。

2. 钢中残余元素含量（质量分数）：Cr、Ni、Cu 均小于 0.30%。

3. 为改善钢材性能，可以加入微量元素 V、Nb、Ti、N 等，其含量（质量分数）规定值如下：
V≤0.08%，Nb≤0.045%，Ti≤0.02%，N≤0.018%。

4. 碳当量（Ceq）（%）按下列公式计算：

$$Ceq(\%) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}$$

b. GB 标准桥梁用结构钢的力学性能，见表 2-8。

表 2-8 桥梁用结构钢的力学性能

钢 号	质量等级	钢材厚度 /mm	屈服点	抗拉强度	伸长率	冲击吸收功 A_{KV}			180°冷弯试验	
			σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ_5 (%)	试验温度	纵向 /J	时效 /J	d —弯心直径， a —厚度 下列钢材厚度时/mm	
			(不小于)			/°C	(不小于)		≤16	>16
Q235q	C	≤16	235	390	26	0	27	27	$d=1.5a$	$d=2.5a$
		>16~35	225	380	26					
		>35~50	215	375	26					
		>50~100	205	375	26					
Q235q	D	≤16	235	390	26	-20	27	27	$d=1.5a$	$d=2.5a$
		>16~35	225	380	26					
		>35~50	215	375	26					
		>50~100	205	375	26					
Q345q	C	≤16	345	510	21	0	34	34	$d=2a$	$d=3a$
		>16~35	325	490	20					
		>35~50	315	470	20					
		>50~100	305	470	20					
Q345q	D	≤16	345	510	21	-20	34	34	$d=2a$	$d=3a$
		>16~35	325	490	20					
		>35~50	315	470	20					
		>50~100	305	470	20					
Q345q	E	≤16	345	510	21	-40	34	34	$d=2a$	$d=3a$
		>16~35	325	490	20					
		>35~50	315	470	20					
		>50~100	305	470	20					
Q370q	C	≤16	370	530	21	0	41	41	$d=2a$	$d=3a$
		>16~35	355	510	20					
		>35~50	330	490	20					
		>50~100	330	490	20					
Q370q	D	≤16	370	530	21	-20	41	41	$d=2a$	$d=3a$
		>16~35	355	510	20					
		>35~50	330	490	20					
		>50~100	330	490	20					
Q370q	E	≤16	370	530	21	-40	41	41	$d=2a$	$d=3a$
		>16~35	355	510	20					
		>35~50	330	490	20					
		>50~100	330	490	20					

(续)

钢 号	质量等级	钢材厚度 /mm	屈服点	抗拉强度	伸长率	冲击吸收功 A_{kv}			180°冷弯试验	
			σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ_5 (%)	试验温度	纵向 /J	时效 /J	d—弯心直径, a—厚度 下列钢材厚度时/mm	
			(不小于)			/°C	(不小于)		≤16	>16
Q420q	C	≤16	420	570	20	0	47	47	d=2a	d=3a
		>16~35	410	550	19					
		>35~50	400	540	19					
		>50~100	390	530	19					
Q420q	D	≤16	420	570	20	-20	47	47	d=2a	d=3a
		>16~35	410	550	19					
		>35~50	400	540	19					
		>50~100	390	530	19					
Q420q	E	≤16	420	570	20	-40	—	47	d=2a	d=3a
		>16~35	410	550	19					
		>35~50	400	540	19					
		>50~100	390	530	19					

- 注: 1. 钢材以热轧、控轧或正火状态交货。
2. 经需方同意, 可不作时效冲击检验。
3. 冲击试验采用 V 形缺口试样, 按三个试样的算术平均值计算, 允许其中有一个试样的单值低于表中规定值, 但不得低于规定值 70%。
4. Q420qE 级钢-40℃ 冲击吸收功由供需双方协议规定。
5. 按强度等级, 新旧钢号比较如下: Q235q——16q; Q345q——16Mnq, 16MnCuq; Q375q——15MnVq; Q420q——15MnVNq。

(3) 中国 GB 标准船体用结构钢 [GB 712—2000]

a. GB 标准船体用结构钢的钢号与化学成分, 见表 2-9 和 2-10。

表 2-9 船体用结构钢 (普通强度钢) 的钢号与化学成分 (质量分数) (%)

钢材等级	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Al _s ≥	其 他
A	≤0.21	≤0.50	≥2.5×C	0.035	0.035	—	Cu, Cr, Ni
B	≤0.21	≤0.35	0.80~1.20	0.035	0.035	—	Cu, Cr, Ni
D	≤0.21	≤0.35	0.60~1.20	0.035	0.035	0.015	Cu, Cr, Ni
E	≤0.18	≤0.35	0.70~1.20	0.035	0.035	0.015	Cu, Cr, Ni

- 注: 1. 所有质量等级钢的碳当量 (Ceq) 为 $C + \frac{Mn}{6} \leq 0.40\%$ 。
2. 型钢碳含量上限可到 ≤0.23%。
3. 钢中残余元素含量 (质量分数): Cu ≤0.35%; Cr ≤0.30%, Ni ≤0.30%。
4. 为改善钢的性能, 在冶炼过程中加入其他微量元素, 应在质量证明书上注明。
5. 厚度 ≤12.5mm 的 A 级钢, 可采用沸腾钢, 但应经需方同意, 并在合同中注明。
6. 当 B 级钢作冲击试验时, 锰含量下限可到 0.60%。
7. 厚度 ≥25mm 的 D 级和 E 级钢, 可测定全铝 (Al_t) 含量代替酸溶铝 (Al_s) 含量, 此时全铝含量应 ≥0.02%。经船检部门同意后, 也可使用其他细化晶粒元素。
8. 若采用温度-形变控轧轧制 (TMCP) 状态交货, 经船检部门同意, 化学成分可不同于本表的规定。

表 2-10 船体用结构钢（高强度钢）的钢号与
化学成分（质量分数）（%）

钢材等级 (数字代号)	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Al _s ≥	Nb	V	Ti ≤	其 他
A32 (L34402)	≤0.18	≤0.50	0.90~1.60	0.035	0.035	0.015	0.02~0.05	0.05~0.10	0.02	—
D32 (L34404)	≤0.18	≤0.50	0.90~1.60	0.035	0.035	0.015				—
E32 (L34405)	≤0.18	≤0.50	0.90~1.60	0.035	0.035	0.015	0.02~0.05	0.05~0.10	0.02	—
F32 (L34407)	≤0.16	≤0.50	0.90~1.60	0.025	0.025	0.015				N≤0.009
A36 (L34902)	≤0.18	≤0.50	0.90~1.60	0.035	0.035	0.015	0.02~0.05	0.05~0.10	0.02	—
D36 (L34904)	≤0.18	≤0.50	0.90~1.60	0.035	0.035	0.015				—
E36 (L34905)	≤0.18	≤0.50	0.90~1.60	0.035	0.035	0.015	0.02~0.05	0.05~0.10	0.02	—
F36 (L34907)	≤0.16	≤0.50	0.90~1.60	0.025	0.025	0.015				N≤0.009
A40 (L35102)	≤0.18	≤0.50	0.90~1.60	0.035	0.035	0.015	0.02~0.05	0.05~0.10	0.02	—
D40 (L35104)	≤0.18	≤0.50	0.90~1.60	0.035	0.035	0.015				—
E40 (L35105)	≤0.18	≤0.50	0.90~1.60	0.035	0.035	0.015	0.02~0.05	0.05~0.10	0.02	—
F40 (L35107)	≤0.16	≤0.50	0.90~1.60	0.025	0.025	0.015				N≤0.009

- 注：1. 钢中残余元素含量（质量分数）：Cu≤0.35%，Cr≤0.20%，Ni≤0.40%，Mo≤0.08%。
2. 可测定全铝（Al_t）含量代替酸溶铝（Al_s）含量，此时全铝含量应≥0.02%。
3. 本表中规定的 Nb、V、Ti 等微量元素可单独加入或以任一混合形式加入。单独加入时，其含量应不小于表中规定值下限；混合加入两种或两种以上时，其总和含量不得大于 0.12%。
4. F32、F36、F40 如含铝时，则氮含量应≤0.012%。
5. 为改善钢的性能，在冶炼过程中加入其他微量元素，应在质量证明书上注明。
6. 厚度≤12.5mm 的 A 级钢，锰含量下限可到 0.70%。
7. 碳当量（Ceq）一般不大于 0.40%。如果碳当量大于 0.40%，应在质量证明书上注明。
- $$Ceq (\%) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr+Mo+V)}{5} + \frac{(Ni+Cu)}{15}$$
8. 若采用温度—形变控制轧制（TMCP）状态交货，经船检部门同意，化学成分可不同于本表的规定。
9. 采用 TMCP 状态交货的钢，碳当量应符合下列规定：

钢材等级				碳当量 Ceq (%) 不大于	
				厚度≤50mm	厚度>50~100mm
A32	D32	E32	F32	0.36	0.38
A36	D36	E36	F36	0.38	0.40
A40	D40	E40	F40	0.40	—

b. GB 标准船体用结构钢的力学性能, 见表 2-11。

表 2-11 船体用结构钢的力学性能

钢材等级	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	伸长率 δ (%)	试验 温度 /°C	冲击吸收功 A_{KV} /J 在下列厚度时/mm						
					≤ 50		$> 50 \sim 70$		$> 70 \sim 100$		
		(不小于)			纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	
		A	400~520		235	22	20	—	—	34	24
B	0	27		20			34	24	41	27	
D	400~520	235	22	-20	27	20	34	24	41	27	
E				-40							
A32	440~570	315	22	0	31	22	28	26	46	31	
D32				-20	31	22	38	26	46	31	
E32				-40							
F32				-60	31	22	—	—	—	—	
A36	490~630	355	21	0	34	24	41	27	50	34	
D36				-20	34	24	41	27	50	34	
E36				-40							
F36				-60	34	24	—	—	—	—	
A40	510~660	390	20	0	41	27	—	—	—	—	
D40				-20	41	27	—	—	—	—	
E40	510~660	390	20	-40							
F40				-60	41	27	—	—	—	—	

- 注: 1. 经船检部门同意, A 级型钢的抗拉强度上限可以超过本表规定。
2. 厚度 2~4mm 的薄钢板, 其抗拉强度上限可以超过上表规定, 伸长率 (δ) 允许按以下规定的降低值 (绝对值):
- | | |
|----------------|-----------------|
| 钢板厚度 2.0~3.0mm | δ 降低值 5% |
| >3.0~3.5mm | 4% |
| >3.5~4.0mm | 3% |
3. D、E 级钢材和高强度钢的晶粒度应不小于 5 级。如供方能保证, 可不作试验。
4. 冲击吸收功采用 V 形缺口试样, 按三个试样的算术平均值计算, 允许其中一个试样的单个值不低于规定值的 70%。
5. 除需方要求外, 冲击试验仅作纵向, 但供方应保证横向冲击性能。
6. 厚度 >50mm 的 A 级钢, 如经细化晶粒处理并以正火状态交货, 可不作冲击试验; 经船检部门同意, 以温度-形变控制轧制 (TMCP) 状态交货的 A 级钢, 也可不作冲击试验。
7. 若供方能保证并经船检部门同意, A32、A36 钢材和厚度 <25mm 的 B 级钢材, 可不作冲击试验。
8. 厚度 <12mm 的钢材, 采用小尺寸试样作冲击试验, 平均冲击吸收功下限应符合以下规定:

钢材等级	A, B, D, E		A32, D32, E32, F32		A36, D36, E36, F36		A40, D40, E40, F40	
小试样尺寸/mm	10×7.5	10×5.0	10×7.5	10×5.0	10×7.5	10×5.0	10×7.5	10×5.0
冲击吸收功 A_{KV} /J	纵向	22	18	26	21	28	23	34
	横向	17	13	18	15	20	16	23

9. 冷弯试验: A 级钢作窄冷弯试验 ($b=2a$), 弯曲 180°, 弯心直径为 2a; B、D、E 级钢和高强度钢作宽冷弯试验 ($b=5a$), 弯曲 120°, 弯心直径为 3a。如供方能保证, 可不作冷弯试验。

(4) 中国 GB 标准船舶用碳钢和碳锰钢无缝钢管〔GB/T 5312—1999〕

a. GB 标准船舶用碳钢和碳锰钢无缝钢管的钢级与化学成分，见表 2-12。

表 2-12 船舶用碳钢和碳锰钢无缝钢管的钢级
与化学成分（质量分数）（%）

钢材等级 (数字代号)	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	其 他
320 (U33202)	≤0.16	≤0.35	0.40~0.70	0.035	0.035	残余元素： Cr≤0.25； Ni≤0.30； Mo≤0.10； Cu≤0.30 总量≤0.70
360 (U33602)	≤0.17	≤0.35	0.40~0.80	0.035	0.035	
410 (U34102)	≤0.21	≤0.35	0.40~1.20	0.035	0.035	
460 (U34602)	≤0.22	≤0.35	0.80~1.40	0.035	0.035	
490 ^① (U34902)	≤0.23	≤0.35	0.80~1.50	0.035	0.035	

① 钢级 490 仅用于压力管系。

b. GB 标准船舶用碳钢和碳锰钢无缝钢管的常温与高温力学性能，见表 2-13 和表 2-14。

表 2-13 船舶用碳钢和碳锰钢无缝钢管的常温力学性能

钢材等级 (数字代号)	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 (%)
		(不小于)	
320 (U33202)	320~440	195	25
360 (U33602)	360~480	215	24
410 (U34102)	410~530	235	22
460 (U34602)	460~580	265	21
490 (U34902)	490~610	285	21

表 2-14 船舶用碳钢和碳锰钢无缝钢管的高温屈服强度

钢材等级 (数字代号)	高温屈服点 σ_b /MPa (不小于) (在下列温度时/°C)								
	50	100	150	200	250	300	350	400	450
320 (U33202)	172	168	158	147	125	100	91	88	87
360 (U33602)	192	187	176	165	145	122	111	109	107
410 (U34102)	217	210	199	188	170	149	137	134	132
460 (U34602)	241	234	223	212	195	177	162	159	156
490 (U34902)	256	249	237	226	210	193	177	174	171

(5) 中国 GB 标准油气输送管线用钢热轧宽带 (GB/T 14164—1993)

a. GB 标准油气输送管线用钢热轧宽带的钢号与化学成分，见表 2-15。

表 2-15 油气输送管线用钢热轧宽带的钢号
与化学成分（质量分数）（%）

钢材等级 和牌号	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	其 他 (Nb/V/Ti)
S205	≤0.17	≤0.35	0.30~0.90	0.030	0.030	—
S240	≤0.17	≤0.35	0.45~1.15	0.030	0.030	—
S290	≤0.22	≤0.35	0.65~1.25	0.030	0.030	—
S315	≤0.22	≤0.35	0.75~1.35	0.030	0.030	—
S360	≤0.22	≤0.35	0.75~1.35	0.030	0.030	—
S385	≤0.22	≤0.40	0.75~1.35	0.030	0.030	≤0.005
S415	≤0.20	≤0.40	0.75~1.35	0.030	0.030	≤0.005
S450	≤0.20	≤0.40	0.80~1.40	0.030	0.030	≤0.005
S480	≤0.20	≤0.40	1.00~1.80	0.030	0.030	—

b. GB 标准油气输送管线用钢热轧宽带的力学性能，见表 2-16。

表 2-16 油气输送管线用钢热轧宽带的力学性能

钢材等级 和牌号	拉伸试验（不小于） ^①			冲击试验 ^{①、④}	180°冷弯试验	可比较的 API 标准 钢材等级
	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ ^② /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ (%)	冲击吸收功 A_K /J	d —弯心直径 a —试样厚度	
S205	205	330	③	≥27	$d=2a$	A
S240	240	415	③	≥27	$d=2a$	B
S290	290	415	③	≥27	$d=2a$	X42
S315	315	435	③	≥27	$d=2a$	X46
S360	360	455	③	≥31	$d=2a$	X52
S385	385	490	③	≥31	$d=2a$	X56
S415	415	515	③	≥31	$d=2a$	X60
S450	450	530	③	≥31	$d=2a$	X65
S480	480	565	③	≥31	$d=2a$	X70

① 表中所列的规定值适用于横向试样。

② 对有屈服现象的钢材，根据试验条件，屈服强度可用测定屈服点 (σ_s) 值代替。

③ 试样标距长度为 50mm 时，伸长率最小值按下式计算

$$\delta=1954.94 \frac{A^{0.2}}{\sigma_b^{0.9}}$$

式中 δ ——伸长率最小值 (%)；

A ——拉伸试样横截面积 (mm)；

σ_b ——规定的抗拉强度最小值 (MPa)。

④ 厚度大于 6mm 的钢带，冲击试验通常采用 10mm×10mm 的标准试样，V 形缺口；如受板厚限制，也可采用小尺寸试样，其试验结果的平均值应随截面积成正比例递减。

2.1.2 压力容器和锅炉用钢*

(1) 中国 GB 标准压力容器用钢板〔GB 6654—1996〕
a. GB 标准压力容器用钢板的钢号与化学成分，见表 2-17。

表 2-17 压力容器用钢板的钢号与化学成分（质量分数）（%）

钢 号	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Mo	其 他 ^②
20R ^①	≤0.20	0.15~0.30	0.40~0.90	0.035	0.030	—	—	— ^③
16MnR	≤0.20	0.20~0.55	1.20~1.60	0.035	0.030	—	—	— ^③
15MnVR	≤0.18	0.20~0.55	1.20~1.60	0.035	0.030	—	—	V 0.04~0.12
15MnVNR	≤0.20	0.20~0.55	1.30~1.70	0.035	0.030	—	—	V 0.10~0.20 N 0.010~0.020
18MnMoNbR	≤0.22	0.15~0.50	1.20~1.60	0.035	0.030	—	0.45~ 0.65	Nb 0.025~0.050
13MnNiMoNbR	≤0.15	0.15~0.50	1.20~1.60	0.025	0.025	0.20~ 0.40	0.20~ 0.40	Ni 0.60~1.00 Nb 0.005~0.020
15CrMoR	0.12~ 0.15	0.15~0.40	0.40~0.70	0.030	0.030	0.80~ 1.20	0.45~ 0.60	—

- ① 20R 厚度≥60mm 的钢板，其 Mn 含量上限可提高至 1.00%。
② 作为残余元素的 Cr、Ni、Cu 含量各≤0.30%，但其总含量≤0.60%。
③ 20R 和 16MnR 为改善性能需要，还可添加微量合金元素。

b. GB 标准压力容器用钢板的常温与高温力学性能，见表 2-18 和表 2-19。

表 2-18 压力容器用钢板的常温力学性能

钢 号	交货状态	钢板厚度 /mm	拉伸试验			冲击试验		冷弯试验
			抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 (%)	温度 /℃	冲 击 吸收功 A_{KV}/J	弯曲 180° d —弯心直径 a —钢板厚度
				(不小于)				
20R	热轧、 控轧或 正火	6~16	400~520	245	25	20	≥ 31	$d=2a$
		>16~36		235				
		>36~60		225				
		>60~100	390~510	205	24			
16MnR		6~16	510~640	345	21	20	≥ 31	$d=2a$
		>16~36	490~620	325				$d=3a$
		>36~60	470~600	305				
		>60~100	460~590	285				
		>100~120	450~580	275	20			

(续)

钢 号	交货状态	钢板厚度 /mm	拉伸试验			冲击试验		冷弯试验
			抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 (%)	温度 /°C	冲 击 吸收功 A_{KV} /J	弯曲 180° d —弯心直径 a —钢板厚度
				(不小于)				
15MnVR	热轧、 控轧或 正火	6~16	530~665	390	19	20	≥ 31	$d=3a$
		>16~36	510~645	370				
		>36~60	490~625	350				
15MnVNR	正火	6~16	570~710	440	18	20	≥ 34	$d=3a$
		>16~36	550~690	420				
		>36~60	530~670	400				
18MnMoNbR	正火加 回火	30~60	590~740	440	17	20	≥ 34	$d=3a$
		>60~100	570~720	410				
13MnNiMoNbR	正火加 回火	≤ 100	570~720	390	18	0	≥ 31	$d=3a$
		>100~120		380				
15CrMoR	正火加 回火	6~60	450~590	295	19	20	≥ 31	$d=3a$
		>60~100		275	18			

- 注：1. 冲击试验均系横向性能，采用 V 形缺口试样。
2. 经供需双方协议，各种钢板的常温冲击吸收功可按以下要求交货：
20R、16MnR、15MnVR 钢板的 $A_{KV} \geq 34J$ ；
15MnVNR、18MnMoNbR 钢板的 $A_{KV} \geq 41J$ 。
3. 经供需双方协议，16MnR 钢板可进行低温（-20℃）冲击试验， $A_{KV} \geq 24J$ 。

表 2-19 压力容器用钢板的高温力学性能

钢 号	钢板厚度 /mm	高温下规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ /MPa（不小于）						
		（在下列温度时/°C）						
		200	250	300	350	400	450	500
20R	21~36	186	167	153	139	129	121	—
	>36~60	178	161	147	133	123	116	—
	>60~100	164	147	135	123	113	106	—
16MnR	21~36	255	235	215	200	190	180	—
	>36~60	240	220	200	185	175	165	—
	>60~100	225	205	185	175	165	155	—
	>100~120	220	200	180	170	160	150	—

(续)

钢 号	钢板厚度 /mm	高温下规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ /MPa (不小于) (在下列温度时/°C)						
		200	250	300	350	400	450	500
15MnVR	21~36	295	280	260	240	220	205	—
	>36~60	280	265	245	225	210	195	—
15MnVNR	21~36	340	315	290	270	250	235	—
	>36~60	320	300	275	255	235	220	—
18MnMoNbR	30~60	380	370	360	350	335	315	—
	>60~100	360	350	340	330	315	295	—
13MnNiMoNbR	30~100	355	350	345	335	305	—	—
	>100~120	345	340	335	325	300	—	—
15CrMoR	21~60	240	225	210	200	189	179	174
	>60~100	220	210	196	186	176	167	162

c. 压力容器用钢板的使用温度和主要用途，见表 2-20。

表 2-20 压力容器用钢板的使用温度和主要用途

钢 号	钢板使用温度/°C	用 途 举 例
16MnR	-20 至 475	单层捲焊容器、多层包扎容器、多层热套容器、球形容器
15MnVR	>-20 至 400	多层包扎容器，工业锅炉
15MnVNR	>-20 至 400	球形容器
18MnMoNbR	-10 至 475	单层捲焊容器，多层热套容器，大型电站汽包
13MnNiMoNbR	-10 至 400	高压、超高压电站锅炉，中低压工业锅炉，单层捲焊容器
15CrMoR	500 至 550	蒸汽管道，锅炉构件，也可作抗氢构件

(2) 中国 GB 标准低温压力容器用低合金钢板〔GB 3531—1996〕

a. GB 标准低温压力容器用低合金钢板的钢号与化学成分，见表 2-21。

表 2-21 低温压力容器用低合金钢板的钢号与化学成分（质量分数）（%）

钢 号 ^①	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Ni	Al _s ^②	其 他 ^③
16MnDR	≤0.20	0.15~0.50	1.20~1.60	0.030	0.025	—	≥0.015	—
15MnNiDR	≤0.18	0.15~0.50	1.20~1.60	0.030	0.025	0.20~0.60	≥0.015	V≤0.06
09Mn2VDR	≤0.12	0.15~0.50	1.40~1.80	0.030	0.025	—	≥0.015	V 0.02~0.06
09MnNiDR	≤0.12	0.15~0.50	1.20~1.60	0.025	0.020	0.30~0.80	≥0.015	Nb≤0.04

① 各钢号为改善性能，可添加微量合金元素如 V、Ti、Nb、RE 等。

② 酸溶铝 Al_s 含量可用测定总含铝量代替，此时铝含量应≤0.020%。

③ 作为残余元素含量（质量分数，%）：Cr≤0.25，Ni≤0.40，Mo≤0.08，Cu≤0.25。

b. GB 标准低温压力容器用低合金钢板的力学性能, 见表 2-22 和表 2-23。

表 2-22 低温压力容器用低合金钢板的拉伸性能和冷弯性能

钢 号	钢板厚度 /mm	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 (%)	冷弯试验① $b=2a$ 180°
			(不小于)		
16MnDR	6~16	490~620	315	21	$d=2a$
	>16~36	470~600	295		$d=3a$
	>36~60	450~580	275		
	>60~100	450~580	255		
15MnNiDR	6~16	490~630	325	20	$d=3a$
	>16~36	470~610	305		
	>36~60	460~600	290		
09Mn2VDR	6~16	440~570	290	22	$d=2a$
	>16~36	430~560	270		
09MnNiDR	6~16	440~570	300	-23	$d=2a$
	>16~36	430~560	280		
	>36~60	430~560	260		

① d —弯心直径; a —钢板厚度; b —试样宽度。

表 2-23 低温压力容器用低合金钢板的冲击性能

牌 号	钢板厚度 /mm	最低试验温度 /°C	试样方向	冲击吸收功 A_{kv}/J
16MnDR	6~36	-40	横向	≥ 24
	>36~100	-30		
15MnNiDR	6~60	-45		≥ 27
09Mn2VDR	6~36	-50		
09MnNiDR	6~60	-70		

注: 1. 表中的冲击试验系采用 10mm×10mm×55mm 标准试样, 如采用小尺寸试样作冲击试验时, 其试验结果应按相应比例不低于表中规定值。

2. 表中的冲击吸收功系 3 个 V 形缺口试样的算术平均值, 并允许每组可以有 1 个试样的测定值下限比标准规定值低 30%。

3. 经供需双方协议, 各种钢板的低温冲击吸收功可按以下要求交货: 16MnDR 钢板 $A_{kv} \geq 27J$, 15MnNiDR、09Mn2VDR 和 09MnNiDR 钢板 $A_{kv} \geq 34J$ 。

(3) 中国 GB 标准锅炉用钢板 [GB 713—1997]

a. GB 标准锅炉用钢板的钢号与化学成分, 见表 2-24。

表 2-24 锅炉用钢板的钢号与化学成分（质量分数）（%）

钢 号 ^①	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Mo	其 他 ^④
20g ^②	≤0.20	0.15~0.30	0.50~0.90	0.035	0.035	—	—	—
22Mng	≤0.30	0.15~0.40	0.90~1.50	0.025	0.025	—	—	—
15CrMng	0.12~ 0.18	0.15~0.40	0.40~0.70	0.030	0.030	0.80~ 1.20	0.45~ 0.60	—
16Mng ^③	≤0.20	0.20~0.55	1.20~1.60	0.035	0.030	—	—	—
19Mng	0.15~ 0.22	0.30~0.60	1.00~1.60	0.030	0.025	—	—	Al _s ≥0.020
13MnNiCrMoNb _g	≤0.15	0.10~0.50	1.00~1.60	0.025	0.025	0.20~ 0.40	0.20~ 0.40	Ni0.60~1.00 Nb0.005~0.020
12Cr1MoV _g	0.08~ 0.15	0.17~0.37	0.40~0.70	0.030	0.030	0.90~ 1.20	0.25~ 0.35	V0.15~0.30

- ① 为改善钢板性能，各钢号允许添加微量合金元素，其合金元素含量应填写在质量保证书中。
- ② 20g 厚度≥25mm 的钢板，其 C 含量上限可提高至 0.22%；为改善性能，其 Mn 含量下限允许降至 0.40%。
- ③ 16Mng 为改善钢板性能，其 Mn 含量上限允许提高至 1.70%。
- ④ 作为残余元素含量（质量分数，%）：Cr≤0.30，Ni≤0.30，Mo≤0.10，Cu≤0.30，V≤0.01，但其总含量≤0.70%。

b. GB 标准锅炉用钢板的常温与高温力学性能，见表 2-25 和表 2-26。

表 2-25 锅炉用钢板的常温力学性能

牌 号	钢板厚度 /mm	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点	伸长率	常温冲击	时效冲击	弯曲 180° d =弯心直径 a =钢板厚度
			σ_s /MPa	δ_5 (%)	吸收功 A_{KV} /J	韧度 a_{KU} / (J/cm ²)	
(不小于)							
20g	6~≤16	400~530	245	26	27	29	$d=1.5a$
	>16~≤25	400~520	235	25			$d=1.5a$
	>25~≤36	400~520	225	24			$d=1.5a$
	>36~≤60	400~520	225	23			$d=2a$
	>60~≤100	390~510	205	22			$d=2.5a$
	>100~≤150	380~500	185	22			$d=2.5a$
22Mng	>25	515~655	275	19	27	—	$d=4a$
15CrMog	≤60	450~590	295	19	31	—	$d=3a$
	>60~≤100		275	18			

(续)

牌 号	钢板厚度 /mm	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点	伸长率	常温冲击	时效冲击	弯曲 180° d =弯心直径 a =钢板厚度
			σ_s /MPa	δ_5 (%)	吸收功 A_{KV} /J	韧度 a_{KV} / (J/cm ²)	
(不小于)							
16Mng	6~≤16	510~655	345	21	27	29	$d=2a$
	>16~≤25	490~635	325	19			$d=3a$
	>25~≤36	470~620	305	19			$d=3a$
	>36~≤60	470~620	285	19			$d=3a$
	>60~≤100	440~590	265	18			$d=3a$
	>100~≤150	440~590	245	18			$d=3a$
19Mng	6~≤16	510~650	355	20	31	—	$d=3a$
	>16~≤40	510~650	345				
	>40~≤60	510~650	335				
	>60~≤100	490~630	315				
	>100~≤150	480~630	295				
13MnNiMoNbg	≤100	570~740	390	18	31	—	$d=3a$
	>100~≤120		380				
	>120~≤150		375				
12Cr1MoVg	6~≤16	≥440	245	19	31	—	$d=3a$
	>16~≤100	≥430	235				

- 注：1. 22Mng 采用定标距 $L_0=50\text{mm}$, $d_0=12.5\text{mm}$ 。
2. 22Mng、19Mng、13MnNiCrMoNb_g 为上屈服点。
3. 19Mng、13MnNiCrMoNb_g 冲击吸收功的试验温度为 0℃。
4. 冲击试验均取横向试样。

表 2-26 锅炉用钢板的高温力学性能

钢 号	钢板厚度 /mm	高温下规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ /MPa (不小于)					
		(在下列温度时/℃)					
		200	250	300	350	400	450
20g	21~25	185	165	150	135	130	125
	>25~36	175	160	145	130	125	120
	>36~60	165	150	135	125	120	115
	>60~100	160	145	130	120	115	105
	>100~150	150	135	120	110	105	95
22Mng	>20	235	225	220	215	—	—
15CrMog	>20~60	240	225	210	200	190	180
	>60~100	220	210	195	185	175	165

(续)

钢 号	钢板厚度 /mm	高温下规定残余伸长应力 $\sigma_{0.2}$ /MPa (不小于) (在下列温度时/°C)					
		200	250	300	350	400	450
16Mng	>20~25	255	235	215	200	190	180
	>25~35	240	220	200	190	180	170
	>35~50	225	210	190	180	170	165
	>50~100	210	200	180	170	160	155
	>100~150	195	180	165	155	145	135
19Mng	>20~60	265	245	225	205	175	155
	>60~100	250	230	210	190	165	145
	>100~150	235	215	195	175	155	135
13MnNiCrMoNb	>30~100	355	350	345	335	305	—
	>100~150	350	345	335	325	300	—
12Cr1MoVg	供需双方协商						

(4) 中国 GB 标准低、中压锅炉用无缝钢管 [GB 3087—1999]

a. GB 标准低、中压锅炉用无缝钢管的常温力学性能, 见表 2-27。

表 2-27 低、中压锅炉用无缝钢管 (纵向) 的常温力学性能

钢 号	钢管壁厚 /mm	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	伸长率 δ (%)
10	全部	335~475	≥ 195	≥ 24
20	< 15	410~550	≥ 245	≥ 20
	≥ 15	410~550	≥ 225	≥ 20

注: 1. 钢号的化学成分见 GB/T 699—1999 的规定, 此处从略。

2. 热轧钢管以热轧状态交货, 冷拔 (轧) 钢管以热处理状态交货。

b. GB 标准低、中压锅炉用无缝钢管的高温力学性能, 见表 2-28。

表 2-28 低、中压锅炉用无缝钢管的高温屈服强度

钢 号	状 态	高温屈服强度最小值/MPa (在下列温度时/°C)					
		200	250	300	350	400	450
10	交货状态	165	145	122	111	109	107
20	交货状态	188	170	149	137	134	132

(5) 中国 GB 标准高压锅炉用无缝钢管 [GB 5310—1995]

a. GB 标准高压锅炉用无缝钢管的钢号与化学成分, 见表 2-29。