

ICS 77.040.01

F 24

备案号: 17637-2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 999 — 2006

电站用 2.25Cr-1Mo 钢球化评级标准

The gradational standard of spheroidization
for 2.25Cr-1Mo steel used in power plant

2006-05-06 发布

2006-10-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 试样制备.....	1
4 球化级别评定方法及评级标准.....	2
附录 A（资料性附录） 常用 2.25Cr-1Mo 系列钢化学成分	8
附录 B（资料性附录） 常用 2.25Cr-1Mo 系列钢力学性能.....	9
附录 C（资料性附录） 常用 2.25Cr-1Mo 系列钢高温性能.....	10
附录 D（资料性附录） 10CrMo9-10 钢球化级别与理化性能对应关系	12

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于下达 2003 年行业标准项目补充计划的通知》（发改办公厅〔2003〕873 号文）的要求制定的。

为了规范和指导对火力发电厂金属技术监督范围内的 2.25Cr-1Mo 系列钢制部件运行后的组织球化程度进行评级，掌握材料的组织性能，并为材料的性能评定提供依据，特制定本标准。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 是资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电站金属材料标准化委员会归口并解释。

本标准起草单位：华东电力试验研究院。

本标准主要起草人：季献武、陈惠宝、卜永康、刘琦。

电站用 2.25Cr-1Mo 钢球化评级标准

1 范围

本标准规定了火电厂用 2.25Cr-1Mo 钢球化的评级方法和评级标准。

本标准适用于以 2.25Cr-1Mo 钢制造的金属壁温小于 570℃ 的过热蒸汽管道、联箱、导汽管等高温部件在高温条件下长期使用后的球化等级评定。同类材料制作的金属壁温在 580℃ 以下的受热面管的球化等级评定可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 5310	高压锅炉用无缝钢管
GB/T 13298	金相显微组织检验方法
DL/T 884	火电厂金相检验与评定技术导则
ASTM A213	锅炉、过热器和热交换器用无缝铁素体和奥氏体合金钢管标准规范 Standard Specification for Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater, and Heat-Exchanger Tubes
ASTM A335	高温设备用无缝铁素体合金钢管标准规范 Standard Specification for Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service
BS EN10216-2	压力无缝钢管—交货技术条件 第 2 部分：规定高温特性的非合金和合金钢管 Seamless steel tubes for pressure purposes—Technical delivery conditions
JIS G 3458	管路用合金钢钢管
JIS G 3462	锅炉与热交换器用合金钢钢管

3 试样制备

3.1 取样法制样

3.1.1 取样方法

从被检验的部件上切取试样，其试样应包括检验部位的整个壁厚截面，并考虑纵向和横向不同方位。对于壁较厚的部件，允许分割成若干试样，但应保证覆盖整个检验截面。

试样的切割宜采用机械方法，需注意加工时的冷却，防止发生组织变化。试样不宜用火焰切割，若必须采用火焰切割，则应将热影响区完全去除。

3.1.2 试样的平整与磨光

从部件上取下的试样先要进行平整，一般宜在砂轮机上进行，应注意试样的冷却，不可长时间不间断磨制。

试样平整后，先用水砂纸由粗到细依次研磨，一般应磨至 600 号，然后用金相砂纸手工精磨或用金相精磨装置磨制。

为保证检验面平整，避免研磨时试样边缘倒角，或者试样较小不便握执时，可借助夹具或采用镶嵌的方法进行磨制。

3.1.3 抛光与浸蚀

宜采用机械抛光方法，去除研磨划痕及畸变层。若畸变层较难去除，应采用抛光和浸蚀交替重复的方式进行。交替抛光之间的初浸蚀和最终组织显示均采用 3%~5% 硝酸酒精溶液，初浸蚀时间为 5s~10s，组织显示浸蚀时间约为 8s，使浸蚀面略呈灰白色即可。每次浸蚀后均应随即进行清洗、吹干。

金相试样制备的其他要求按 GB/T 13298 的有关规定执行。

3.2 复型法制样或现场摄影

3.2.1 复型试样制备

用机械方法完全去除被检查面的表面氧化层及脱碳层，然后用打磨工具进行磨制，磨制顺序按 3.1.2。

可根据实际情况或现场条件选择采用机械抛光、电解抛光或化学抛光方法。浸蚀方法与 3.1.3 的规定相同，但浸蚀时间可略长，使检查面浸蚀程度比取样试样略深。

3.2.2 复型

复型材料可采用厚度为 80 μ m~100 μ m 的醋酸纤维素薄膜（AC 纸）或有机玻璃片。复型用的溶剂可采用丙酮类有机溶剂或三氯甲烷。

在复型薄膜或有机玻璃片与金相磨面间充以溶剂，稍加压力使复型片与金属表面之间贴合紧密，不允许存在气泡、间隙等。

现场金相复型试样制备的其他要求按 DL/T 884 中的有关规定执行。

3.2.3 现场摄影

在常规性金相评级检验时，可在制好样的金相磨面处用便携式金相显微镜直接观察和摄影。

4 球化级别评定方法及评级标准

4.1 采用与本标准所附图片对比的方法，在金相显微镜 400~500 倍的放大倍率下，选择球化最严重的部位进行球化级别的评定，必要时可在更高倍率下观察。

4.2 球化级别。从原始状态至完全球化共分为 5 个级别，各级别的组织特征列于表 1。

表 1 2.25Cr-1Mo 钢球化组织特征

球化程度	球化级别	组 织 特 征	图 号
未球化（原始态）	1 级	聚集形态的贝氏体，贝氏体中的碳化物呈粒状	图 1
倾向性球化	2 级	聚集形态的贝氏体区域已分散，部分碳化物分布于铁素体晶界上，贝氏体尚保留其形态	图 2
轻度球化	3 级	贝氏体区域内碳化物明显分散，碳化物呈球状分布于铁素体晶界上，贝氏体形态基本消失	图 3
中度球化	4 级	大部分碳化物分布在铁素体晶界上，部分呈链状	图 4
完全球化	5 级	晶界碳化物呈链状并长大	图 5
注：当 2.25Cr-1Mo 钢供货态有少量珠光体存在时，珠光体的球化亦可按此表规定评级			

4.3 评级时，应首先在显微镜下将试样作全面观察，选择具有代表性的视场与标准图谱进行比较，在同一检查面选择的视场数目不少于 3 个。

4.4 对介于两个级别之间的组织球化状态，允许使用半级表示，如 1.5 级、2.5 级等。

4.5 如果试样中存在有球化不均匀现象，应根据其不均匀情况区别对待。对个别不均匀，应以占优势（相同级别视场面积占总观察面积 90% 以上时）的球化级别作为评定结果。对普遍不均匀，应以球化程度严重的球化级别为评定结果，并在评定结论中以文字表述其不均匀性。

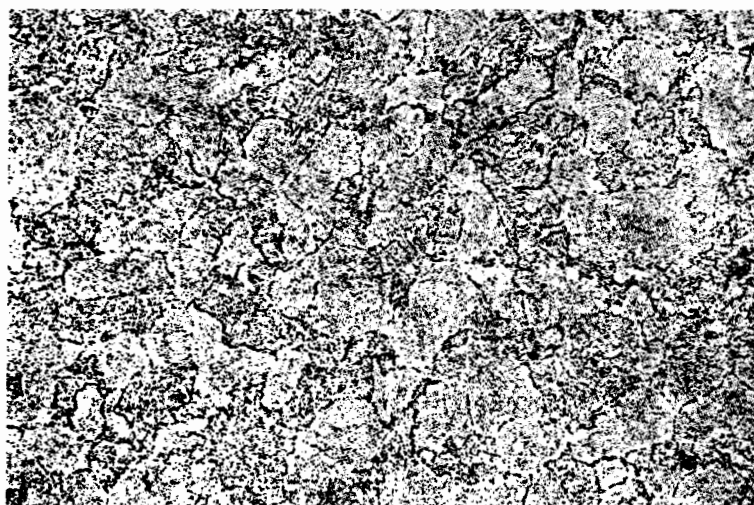
4.6 2.25Cr-1Mo 系列钢的化学成分、力学性能、高温性能数据参见附录 A、附录 B 和附录 C，其球化

级别与理化性能对应关系参见附录 D。

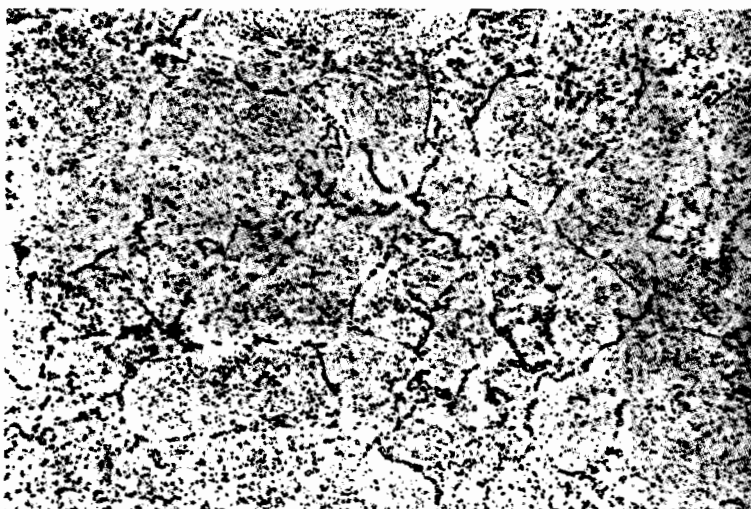


图1 1级（未球化）

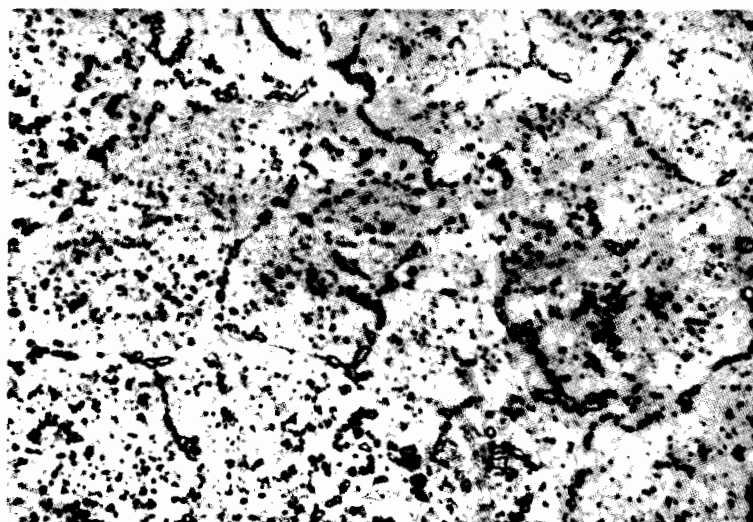
(a) 250×; (b) 500×; (c) 1000×



(a)



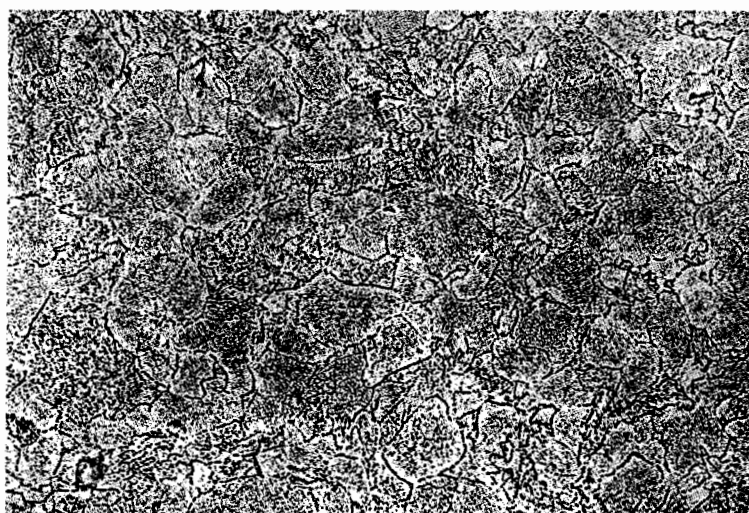
(b)



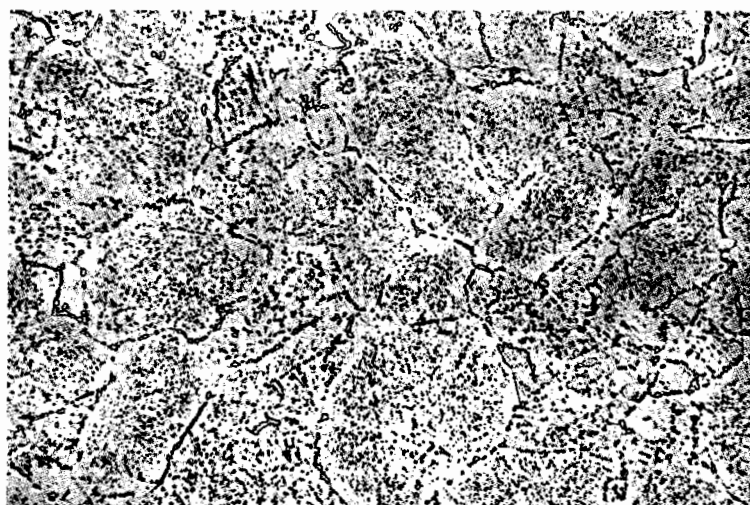
(c)

图2 2级(倾向性球化)

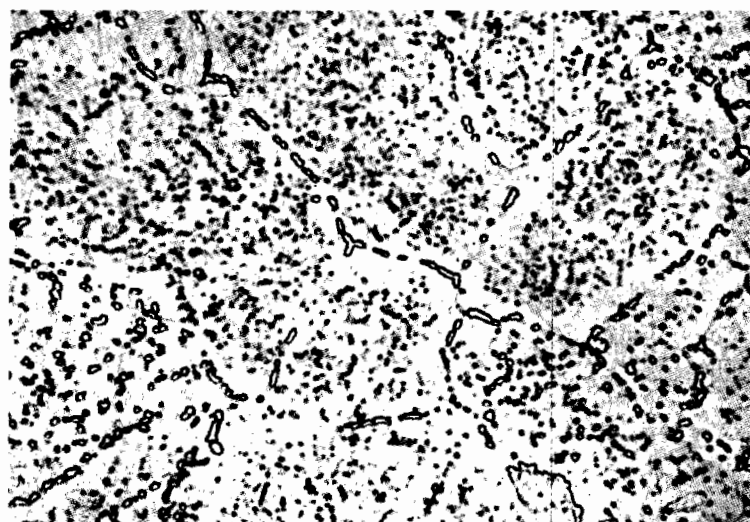
(a) 250×; (b) 500×; (c) 1000×



(a)



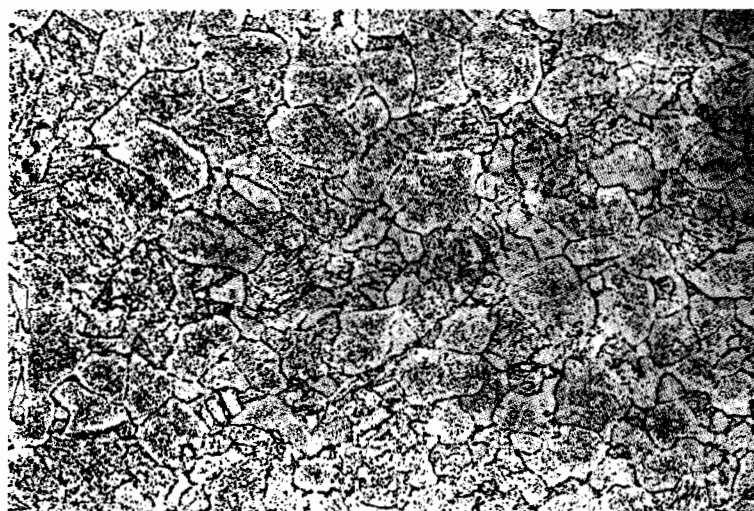
(b)



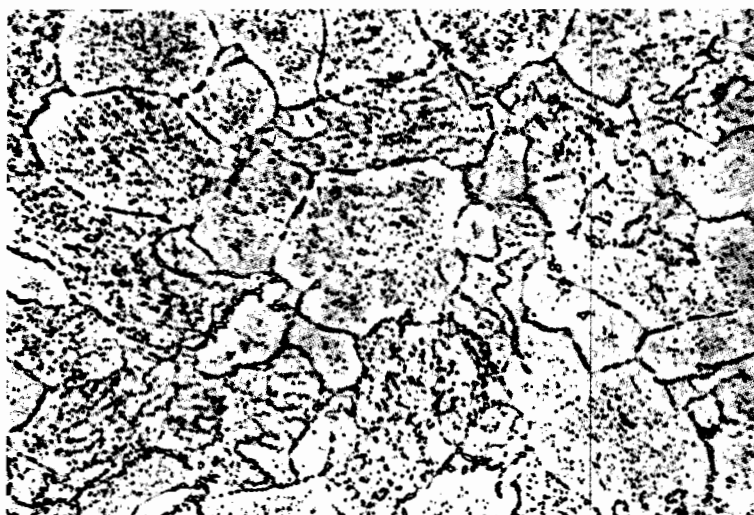
(c)

图3 3级(轻度球化)

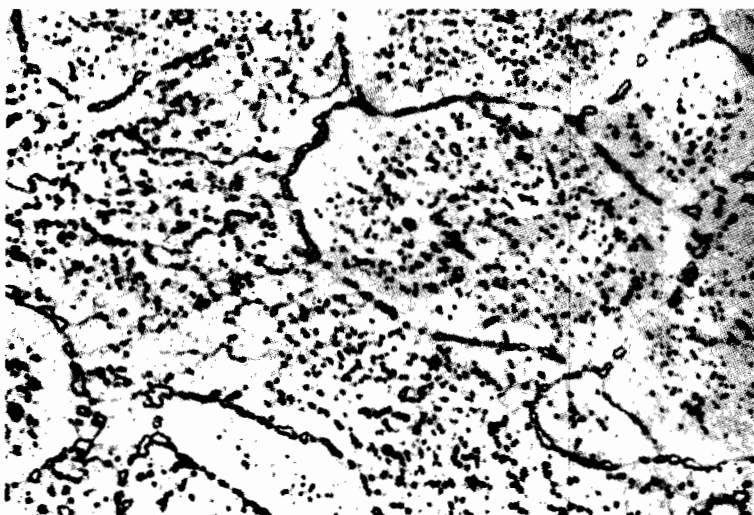
(a) 250×; (b) 500×; (c) 1000×



(a)



(b)



(c)

图4 4级(中度球化)

(a) 250×; (b) 500×; (c) 1000×

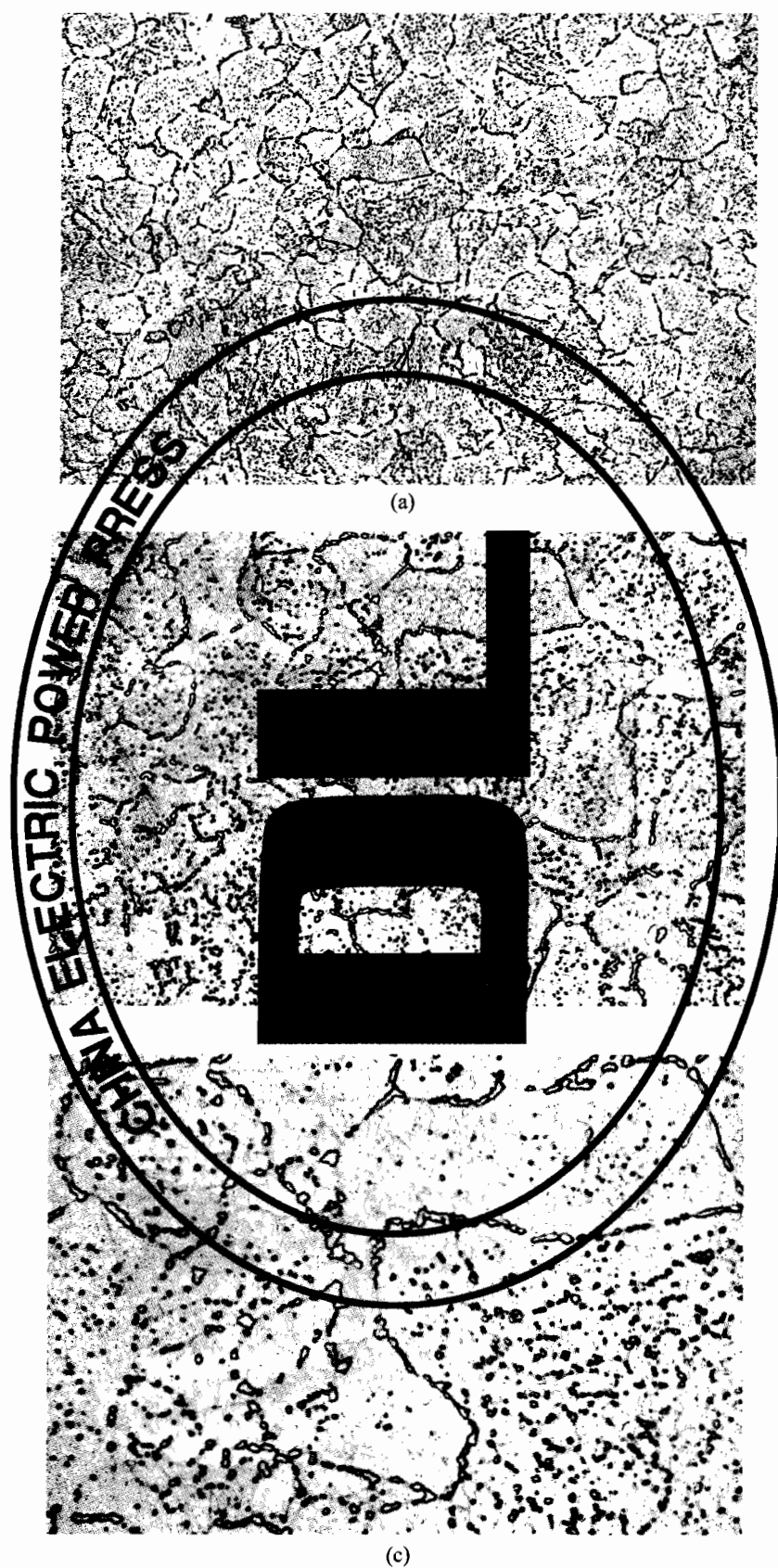


图5 5级（完全球化）

(a) 250 \times ; (b) 500 \times ; (c) 1000 \times

附 录 A
(资料性附录)
常用 2.25Cr-1Mo 系列钢化学成分

A.1 常用 2.25Cr-1Mo 系列钢化学成分见表 A.1。

表 A.1 常用 2.25Cr-1Mo 系列钢化学成分 %

技术条件	C	Mn	Cr	Mo	Si	S	P
					不大于		
BSE N10216-2:2002 10CrMo9-10 材料号: 1.7380	0.08~0.14	0.30~0.70	2.00~2.50	0.90~1.10	0.50	0.020	0.025
JIS G 3462—2004 STBA24	≤0.15	0.30~0.60	1.90~2.60	0.87~1.13	0.50	0.030	0.030
JIS G 3458—2005 STPA24	≤0.15	0.30~0.60	1.90~2.60	0.87~1.13	0.50	0.030	0.030
ASTMA213-05a T22	0.05~0.15	0.30~0.60	1.90~2.60	0.87~1.13	0.50	0.025	0.025
ASTMA335-05 P22	0.05~0.15	0.30~0.60	1.90~2.60	0.87~1.13	0.50	0.025	0.025
GB 5310—1995 12Cr2MoG	0.08~0.15	0.40~0.70	2.00~2.50	0.90~1.20	0.50	0.03	0.03
注: BS EN10216-2:2002 标准中对 10CrMo9-10 钢中 Ni、Al、Cu 等元素含量有上限要求							

附 录 B
(资料性附录)

常用 2.25Cr-1Mo 系列钢力学性能

B.1 常用 2.25Cr-1Mo 系列钢力学性能见表 B.1。

表 B.1 常用 2.25Cr-1Mo 系列钢力学性能

技术条件	产品类型	壁厚 mm	抗拉强度 MPa	屈服强度 MPa	断后伸长率 %	冲击吸收功 20℃, J
				不小于		
BS EN10216-2:2002 10CrMo9-10 材料号 1.7380	管	≤16	480~630	280	纵 A: 22 横 A: 20	纵: 40 横: 27
		16<, ≤40		280		
		40<, ≤60		270		
JIS G 3462—2004 STBA24	管		410	205		
JIS G 3458—2005 STPA24			410	205		
ASTM A213—05a T22	管		415	205		
ASTM 335—05 P22			415	205		
GB 5310—1995 12Cr2MoG ^a	管		纵 450~600	纵 280	纵 A: 20 横 A: 18	纵 A _{KV} =35J 横 A _{KV} =27J
注 1: 除注明范围者外均指最小值。						
注 2: EN10216-2:2002 标准中屈服强度为 R_{eH} 或 $R_{p0.2}$ 。						
注 3: ASTM 标准及 JIS 标准中对断后伸长率有着更为具体的规定						
a 用 12Cr2MoG 钢制造的钢管, 当壁厚不大于 3mm 且外径不大于 30mm 时, 或壁厚在 16mm~40mm 间时, 屈服点允许降低 10MPa; 当壁厚大于 40mm 时, 屈服点允许降低 20MPa						

附 录 C
(资料性附录)

常用 2.25Cr-1Mo 系列钢高温性能

C.1 常用 2.25Cr-1Mo 系列钢高温规定非比例延伸强度 ($R_{p0.2}$) 最小值见表 C.1。

表 C.1 常用 2.25Cr-1Mo 系列钢高温规定非比例延伸强度 ($R_{p0.2}$) 最小值 MPa

技术条件	板厚或壁厚 mm	100℃	150℃	200℃	250℃	300℃	350℃	400℃	450℃	500℃	550℃
EN10216-2:2002 10CrMo9-10 材料号 1.7380	≤60	249	241	234	224	219	212	207	193	180	
GB 5310—1995 12Cr2MoG		191	187	185	185	185	185	185	182	173	159

C.2 10CrMo9-10 钢持久强度平均值见表 C.2。

表 C.2 10CrMo9-10 钢持久强度平均值 (EN 10216-2:2002) MPa

温度 ℃	持 久 强 度			
	1 万 h	10 万 h	20 万 h	25 万 h
450	308	229	204	196
460	284	212	188	180
470	261	194	172	165
480	238	177	156	150
490	216	160	140	143
500	195	141	124	118
510	176	124	108	103
520	158	105	94	88
530	142	95	80	76
540	126	81	68	64
550	111	70	57	54
560	99	61	49	46
570	88	53	43	40
580	78	46	38	34
590	69	40	33	30
600	60	35	28	26

C.3 12Cr2MoG 钢持久强度推荐值见表 C.3。

表 C.3 12Cr2MoG 钢持久强度推荐值（GB 5310—1995 附录 B） MPa

10 万 h 持久强度							
500℃	510℃	520℃	530℃	540℃	550℃	560℃	570℃
124	112	102	91	83	72	64	56

附录 D
(资料性附录)

10CrMo9-10 钢球化级别与理化性能对应关系

D.1 说明

本附录所给数据为制定本标准时，进行的实验室实验数据。

实验样本采用 $\phi 419 \times 70\text{mm}$ 、10CrMo9-10 钢主蒸汽管。实验数据是由实验室模拟主蒸汽管参数得出的。因此，应注意本数据与现场实际数据有一定的差异。

D.2 10CrMo9-10 钢球化级别与微结构间对应关系（见表 D.1）

表 D.1 10CrMo9-10 钢球化级别与微结构间对应关系

球化 级别	碳化物相中合金元素占该元素含量百分比		碳化物类型	碳化物颗粒平均尺寸 μm
	Mo	C		
1 级	34	2	少量 M_{23}C_6	0.5947
2 级	44	2	M_{23}C_6	0.6502
3 级	46	2	$\text{M}_{23}\text{C}_6 + \text{M}_6\text{C}$	0.6908
4 级	50	25	$\text{M}_{23}\text{C}_6 + \text{M}_7\text{C}_3$	0.8675
5 级	59	2	$\text{C}_6 + \text{M}_7\text{C}_3$	0.9965

D.3 10CrMo9-10 钢球化级别与常、高温短时力学性能对应关系（见表 D.2）

表 D.2 10CrMo9-10 钢球化级别与常、高温短时力学性能对应关系

球化 级别	温 度 $^{\circ}\text{C}$												
	室 温							540					
	R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	A %	Z %	A_{KU2} J	HBW	贝氏体		R_m MPa	$R_{p0.2}$ MPa	A %	Z %	A_{KU2} J
							$H_{10\mu}$	$H_{20\mu}$					
1 级	548	314	29	78	176	163	264	223	374	241	28	83	130
2 级	490	266	32	73	139	152	231	201	341	211	27	76	82
3 级	465	255	33	75	154	141	218	192	314	188	29	75	76
4 级	445	242	34	72	129	136	201	179	298	164	31	74	54
5 级	441	246	38	70		131	172	163	310	161	28	71	
注：取实验数据下限													

D.4 10CrMo9-10 钢球化级别与持久强度对应关系（见表 D.3）

表 D.3 10CrMo9-10 钢球化级别与持久强度对应关系

MPa

球化级别	持 久 强 度 (10 万 h)					
	平均值			下限值		
	540℃	550℃	560℃	540℃	550℃	560℃
1 级	101.48	99.08	94.54	98.86	97.81	90.12
2 级	73.76	67.87	61.53	70.80	66.30	60.00
3 级	64.22	59.98	58.27	62.62	59.33	50.46
4 级	63.15	56.05	49.80	61.55	54.35	48.79
5 级	61.82	53.63	46.08	58.92	50.82	44.23
注 1：最长断裂时间为 20154.5h。						
注 2：持久强度数据系采用等温线法外推所得						