

ICS 27.100

H20

备案号：9792—2002

中 华 人 民 共 和 国 电 力 行 业 标 准

DL/T787—2001

火力发电厂用15CrMo钢珠
光体球化评级标准The gradational standard of spherular pearlite for 15CrMo
steel used in fossil power plant

2001-12-26发布

2002-05-01实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会发布

前 言

本标准是根据原电力工业部1995年电力行业标准计划项目(技综[1995]44号文)的安排制订的。制订本标准的目的是为了保证火力发电厂金属技术监督范围内的15CrMo钢部件的运行安全。

15CrMo钢是电力工业中广泛使用的钢种，在500℃～550℃使用具有较高的热强性能。当使用温度大于550℃，其热强性能显著降低。通常15CrMo钢主要用于蒸汽参数为510℃的高中压管道、导汽管，管壁温度为550℃的过热器管等。

国外同类型钢种，有前苏联的15XM，美国牌号T12、P12，日本牌号STBA22、STPA22和德国牌13CrMo44等。

15CrMo钢正常供货状态的显微组织为铁素体加珠光体，15CrMo钢在工作温度500℃～550℃范围长期运行过程中，会产生珠光体的球化、合金元素在固溶体和碳化物间的再分配及碳化物相结构的改变，15CrMo钢的热强性能和力学性能随着珠光体球化程度和固溶体中合金元素贫化程度的加大而逐渐降低，以致材质渐趋劣化甚至失效。因此，长期以来15CrMo钢组织中珠光体球化程度常被广泛用于判定该类钢使用可靠性的重要判据之一。

本标准的附录A、附录B、附录C、附录D和附录E都是提示的附录。

本标准由电力行业电站金属材料标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：华东电力试验研究院。

本标准主要起草人：郑志良、徐俊、卜永康、沈金坤。

本标准由电力行业电站金属材料标准化技术委员会负责解释。

目 次

前言

- 1 范围
- 2 引用标准
- 3 试样制备

4 球化级别评定方法

附录A (提示的附录) 15CrMoG钢化学成分、力学性能和高温性能

附录B (提示的附录) 15CrMo钢各球化级别与其常温性能的相应数据(平均值)

附录C (提示的附录) 15CrMo钢各球化级别与其高温短时性能的相应数据(平均值)

附录D (提示的附录) 15CrMo钢各球化级别的碳化物相结构及碳化物相中Mo元素百分含量

附录E (提示的附录) 550℃时15CrMo钢各球化级别的高温持久强度

中 华 人 民 共 和 国 电 力 行 业 标 准

火力发电厂用15CrMo钢珠 光体球化评级标准

DL/T 787—2001

The gradational standard of spherular pearlite for 15CrMo steel used in fossil power plant

中华人民共和国国家经济贸易委员会2001-12-26批准

2002-05-01实施

1 范围

本标准规定了火力发电厂用15CrMo钢珠光体球化的评级方法。

本标准适用于按GB5310标准供货和国外同类型高压锅炉用15CrMo无缝钢管，在高温下长期使用后的珠光体球化等级评定，也适用于相同类型钢种的构件在高温下长期使用后的珠光体球化等级评定。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 5310—1995 高压锅炉用无缝钢管

GB/T 13298—1991 金相显微组织检验方法

DL/T 652—1998 金相复型技术工艺导则

3 试样制备

3.1 取样金相试样

3.1.1 取样方法

自钢管上切取的试样检验面可为管件的纵截面或横截面，对于小径管试样应包含管件的整个壁厚截面。对于厚壁管可取内壁、芯部、外壁3块试样，试样沿管壁厚度的累计值须大于管壁厚度的二分之一。

试样不宜用火焰切割，若用火焰切割的管件应去除热影响区。

3.1.2 研磨

试样经砂轮平整后，以180号、320号、400号、500号、600号水砂纸依次粗磨，然后以01号、02号、03号金相砂纸精磨或用金相精磨机磨制。为保证检验面平整，避免研磨时试样边缘倒角，试样可采用镶嵌或

用夹具等措施。

3.1.3 初浸蚀

3.1.3.1 浸蚀液为3%~5%硝酸酒精溶液。

3.1.3.2 浸蚀时间约5s~10s。

3.1.3.3 清洗。

3.1.4 机械抛光与浸蚀

3.1.4.1 宜采用机械抛光法，去除研磨划痕及畸变层，例如用中厚呢、绒布加抛光膏(粉)进行。若畸变层较难去除，可采用3~4次抛光—浸蚀交替重复进行。

3.1.4.2 浸蚀。

组织显示采用3%~5%硝酸酒精溶液浸蚀，浸蚀时间约为10s，使浸蚀面略呈灰白色即可，随即清洗，吹干。

取样金相试样制备方法应按GB/T 13298的规定执行。

3.2 现场复型金相试样

3.2.1 用机械方法完全去除检查面的表面氧化层及脱碳层，然后用打磨工具进行磨制，研磨顺序同3.1.2。

3.2.2 抛光。

DL/T 787—2001可根据实际情况及现场条件选择机械抛光、电解抛光或化学抛光。

3.2.3 浸蚀。

同3.1.4.2，浸蚀时间可略长一些，使检查面浸蚀程度比取样试样略深。

3.2.4 复型。

3.2.4.1 复型材料。

复型片可采用厚度为80μm~100μm醋酸纤维素(AC纸)或其他类似材料，溶剂为丙酮类有机溶剂。

3.2.4.2 复型制作。

在复型片与金相磨面间充以溶剂，复型片与金属表面间应无气泡、间隙，贴合紧密。

3.2.4.3 待复型样品干燥后，自检查面上小心取下复型片，固定在玻璃板或硬纸板上即可观察。为提高复型样品的对比度，可采用对复型片以重金属喷涂投影或有色复型材料。

现场复型金相制备方法应按DL/T652的规定执行。

4 球化级别评定方法

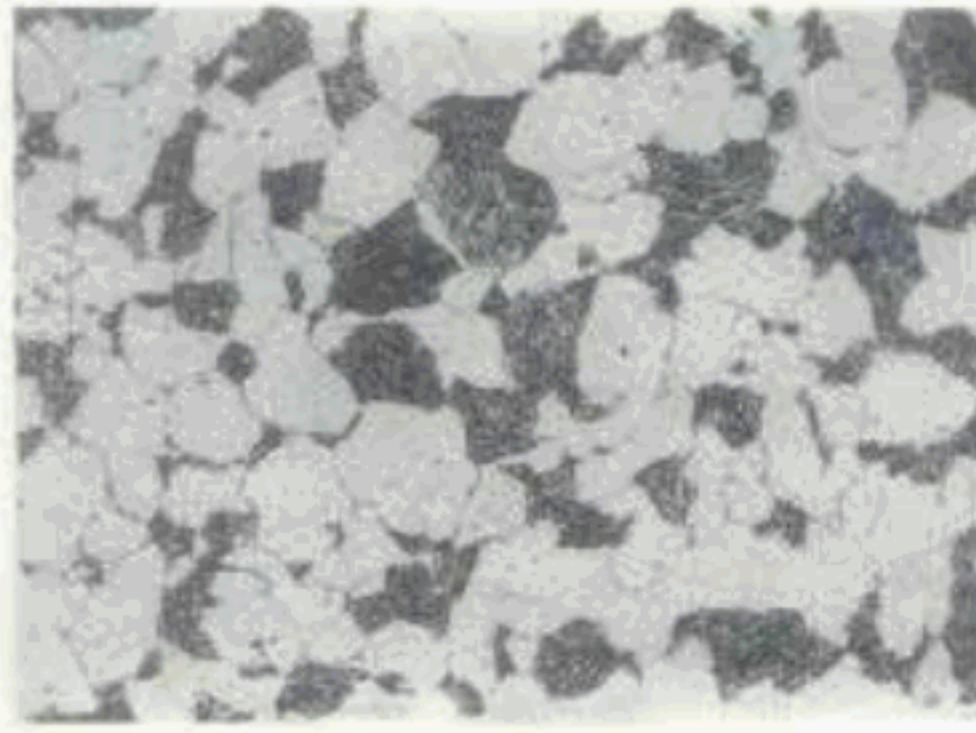
球化级别评定采用与标准图谱对比的方法。在金相显微镜500× 的倍率下进行球化级别的评定。必要时，也可在更高倍率下观察珠光体形态的细节。

4.1 球化级别。

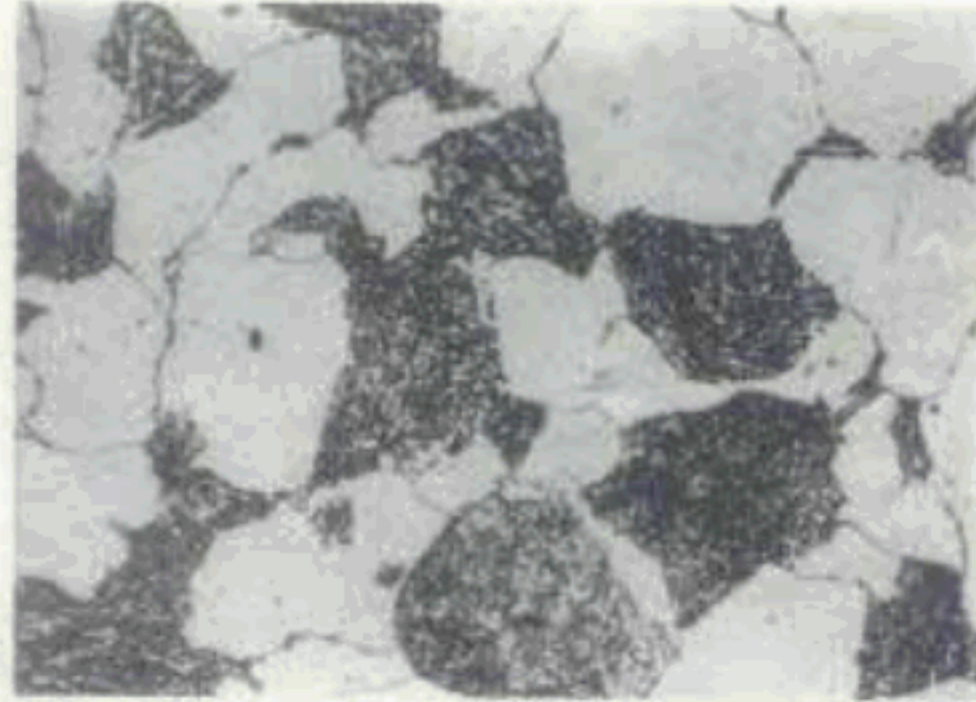
从原始状态至完全球化共分为5个级别，组织特征见表1。

表 1 15CrMo钢球光体球化组织特征

球化程度	球化级别	组 织 特 征	图号
未球化(供货态)	1级	珠光体区域明显，珠光体中的碳化物呈层片状	图1
倾向性球化	2级	珠光体区域完整，层片状碳化物开始分散，趋于球状化，晶界有少量碳化物	图2
轻度球化	3级	珠光体区域较完整，部分碳化物呈粒状，晶界碳化物的数量增加	图3
中度球化	4级	珠光体区域尚保留其形态，珠光体中的碳化物多数呈粒状，密度减小，晶界碳化物出现链状	图4
完全球化	5级	珠光体区域形态特征消失，只留有少量粒状碳化物，晶界碳化物聚集，粒度明显增大	图5



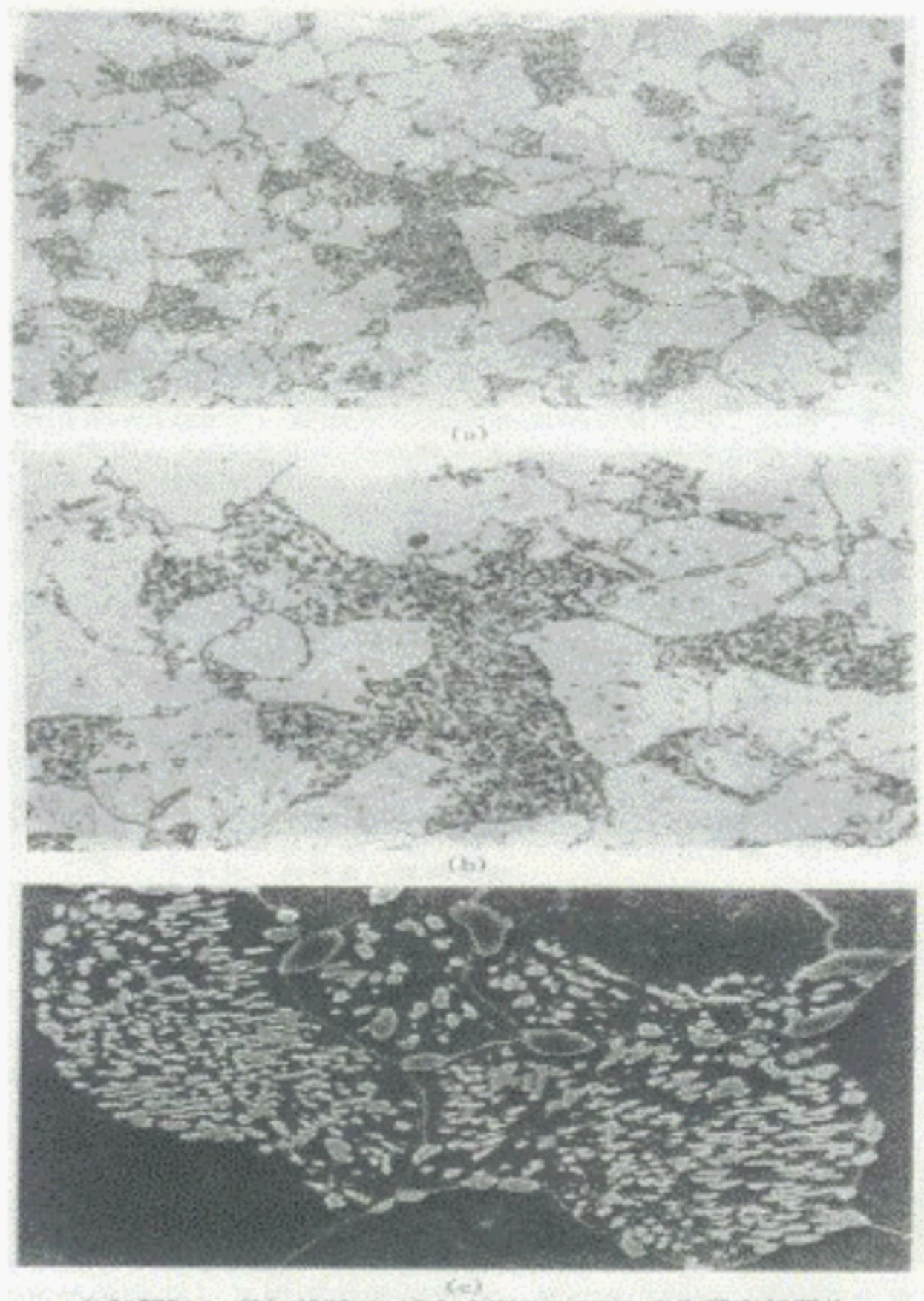
(a)



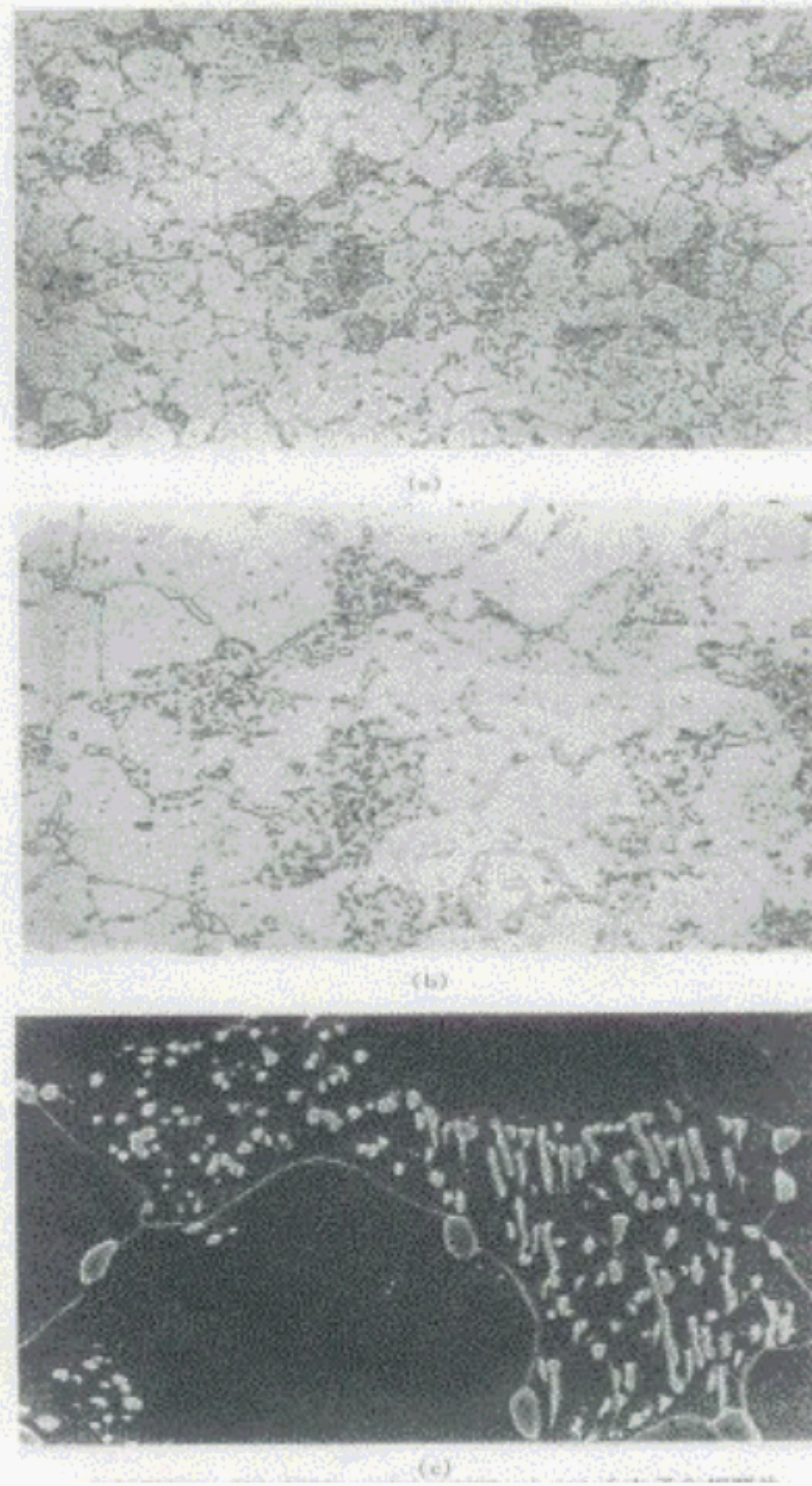
(b)



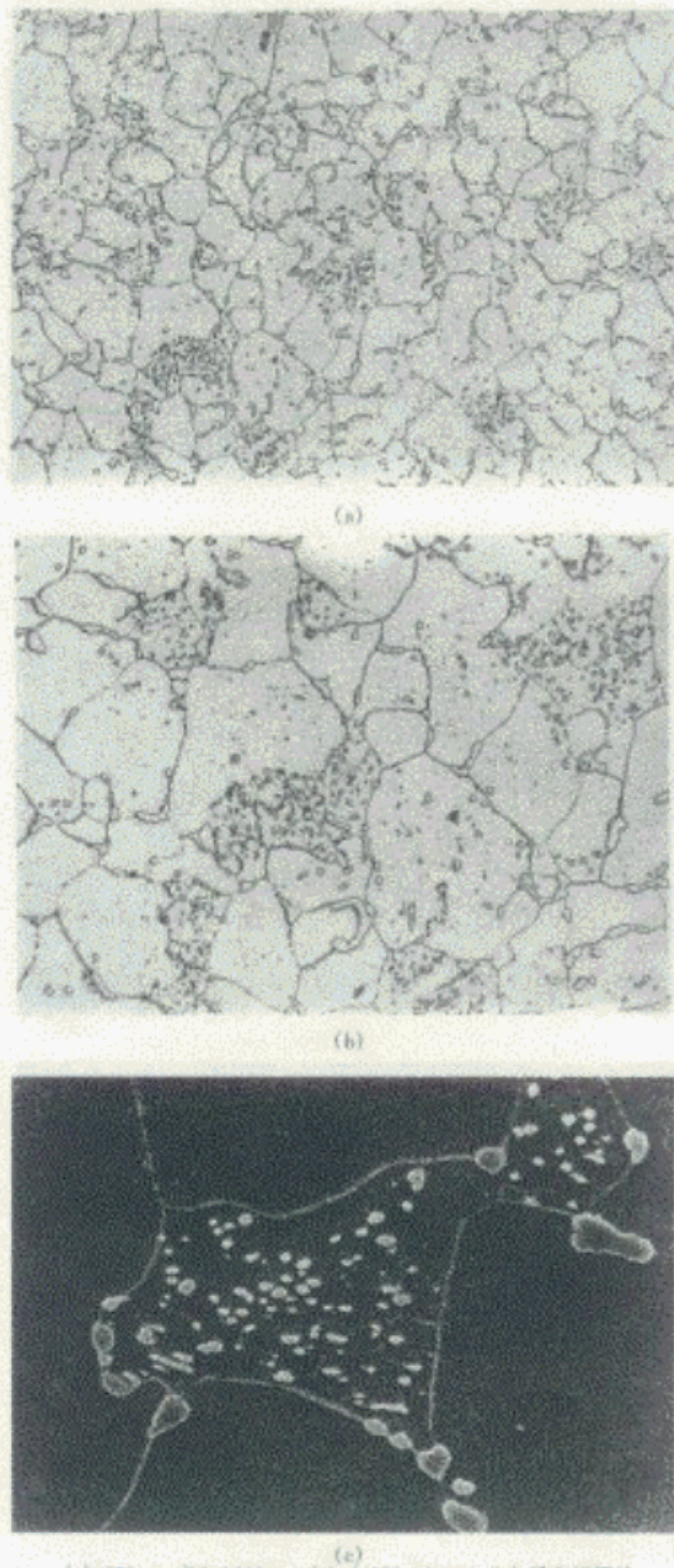
(a)500× ; (b)1000× ; (c)(4000×)× 1.5电子金相照片
图 1 1级(未球化)



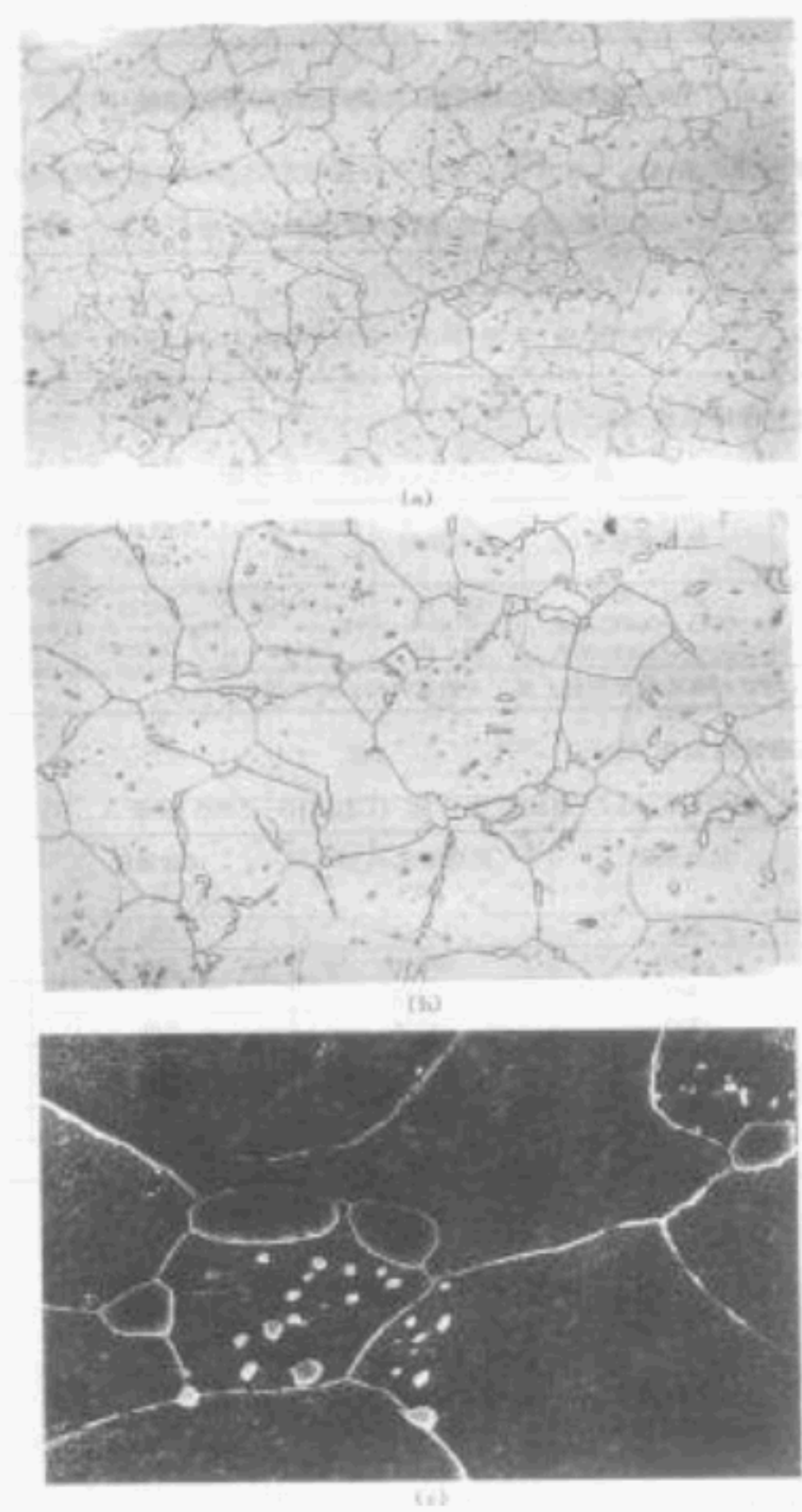
(a)500× ; (b)1000× ; (c)(4000×)× 1.5电子金相照片
图 2 2级(倾向性球化)



(a)500× ; (b)1000× ; (c)(4000×)× 1.5电子金相照片
图 3 3级 (轻度球化)



(a)500× ; (b)1000× ; (c)(4000×)× 1.5电子金相照片
图 4 4级 (中度球化))



(a)500× ；(b)1000× ；(c)(4000×)× 1.5电子金相照片
图 5 5级 (完全球化)

- 4.2 评定时，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本标准评级图谱进行比较，在同一检查面上所选择的视场数应不少于3个。
- 4.3 若所观察到的球化级别介于两个级别之间，允许用半级来表示。如：1.5级，2.5级等。
- 4.4 在试样观察中，若发现有球化不均匀现象，如属个别现象，应以占优势(即相同级别的视场面积≥90%时)的球化级别作为评定结果；若不均匀性现象较为普遍，则以球化程度严重的球化级别作为评定结果，并以文字表述不均匀性。
- 4.5 15CrMo钢的化学成分、力学性能、高温性能参见附录A。
- 4.6 15CrMo钢珠光体球化级别与其相应的常温性能、碳化物相结构以及碳化物相中Mo元素的百分含量、高温短时性能和高温持久强度分别参见附录B、附录C、附录D和附录E，供材质评估时参考。

附录A(提示的附录)

15CrMoG钢化学成分、力学性能和高温性能

A1 15CrMoG钢化学成分见表A1。

表 A1 15CrMoG钢化学成分

技术条件	牌号	C	Mn	Si	Cr	Mo	S

GB5310	15CrMoG	0.12 ~ 0.18	0.40 ~ 0.70	0.17 ~ 0.37	0.80 ~ 1.10	0.40 ~ 0.55	≤ 0.030
--------	---------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	---------

A2 15CrMoG钢的力学性能见表A2。

表 A2 15CrMoG钢的力学性能

技术条件	牌号	热处理制度	试样取向	抗拉强度 σ_b MPa	屈服点 σ_s MPa	伸长率 δ_5 %
GB5310	15CrMoG	正火+回火 900℃ ~ 960℃正火 680℃ ~ 720℃回火	纵 向	440 ~ 640	≥ 235	≥ 21
			横 向	≥ 440	≥ 225	≥ 20
注：当热轧15CrMoG钢管的终轧温度符合上述正火温度时可以终轧代替正火						

A3 15CrMoG钢的高温性能见表A3。

表 A3 15CrMoG钢的高温性能(GB5310—1995附录A、B)

热处理状态	试验温度 ℃	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ MPa	试验温度 ℃	持久强度 $\sigma'_t 10^5$ MPa
900℃ ~ 960℃ 正 火 680℃ ~ 720℃ 回 火	200	≥ 269	500	145
	250	≥ 256	510	124
	300	≥ 242	520	106
	350	≥ 228	530	91
	400	≥ 216	540	75
	450	≥ 285*	550	61
	500	≥ 198		
注：原标准如此				

附录B(提示的附录)

15CrMo钢各球化级别与其常温性能的相应数据(平均值)

15CrMo钢各球化级别与其常温性能的相应数据(平均值)见表B。

表 B 15CrMo钢各球化级别与其常温性能的相应数据(平均值)

球化级别 性能指标	1	2	3	4	5
抗拉强度 σ_b Mpa	505	465	443	423	412
屈服强度 $\sigma_{0.2}$ MPa	332	322	296	280	277

伸长率 δ_5 %	36	35	36	39	40
断面收缩率 ψ %	76	72	71	70	73
硬度HB	154	139	132	128	123
显微硬度 (铁素体)	133	124	116	105	99

附录C(提示的附录)

15CrMo钢各球化级别与其高温短时性能的相应数据(平均值)

15CrMo钢各球化级别与其高温短时性能的相应数据(平均值)见表C。

表 C 15CrMo钢各球化级别与其高温短时性能的相应数据(平均值)

试验温度 ℃	球化级 别 力学性能	1	2	3	4	5
450	抗拉强度 σ_b Mpa	504	401	381	372	361
	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ Mpa	236	206	165	159	156
	伸长率 δ_5 %	28	30	30	30	31
	断面收缩率 ψ %	75	72	69	65	69
500	抗拉强度 σ_b Mpa	441	354	343	322	316
	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ Mpa	221	183	178	150	146
	伸长率 δ_5 %	29	34	34	34	39
	断面收缩率 ψ %	80	77	74	72	75
520	抗拉强度 σ_b Mpa	425	319	317	302	297
	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ MPa	223	162	156	147	144
	伸长率 δ_5 %	32	35	35	37	37
	断面收缩率 ψ %	81	76	75	74	74
	抗拉强度 σ_b	375	292	278	265	261

550	Mpa					
	屈服强度 $\sigma_{0.2}$	215	161	150	139	137
	Mpa					
	伸长率 δ_5	37	47	44	44	44
	%					
	断面收缩率 ψ	82	81	78	76	77
	%					

附录D(提示的附录)

15CrMo钢各球化级别的碳化物相结构及碳化物相中Mo元素百分含量

D1 15CrMo钢各球化级别的碳化物相结构见表D1。

表D1 15CrMo钢各球化级别的碳化物相结构

球化级别	碳化物相结构
1	主要物相有 Fe_3C ，次要物相 $M_{23}C_6$
2	$M_{23}C_6$ 大量增加，成为主要物相， M_3C 为次要物相
3	$M_{23}C_6$ 继续增加， M_3C 继续减少
4	$M_{23}C_6$ 继续增加， M_3C 继续减少， M_3C 的许多小衍射峰逐渐消失
5	$M_{23}C_6$ 和 M_3C 已基本稳定， M_3C 已成为微量相

D2 15CrMo钢各球化级别碳化物相中Mo元素百分含量见表D2。

表 D2 15CrMo钢各球化级别碳化物相中Mo元素百分含量

球化级别	1	2	3	4	5
Mo元素含量 %	0.10	0.19	0.20	0.21	0.23

附录E(提示的附录)

550℃时15CrMo钢各球化级别的高温持久强度

550℃时15CrMo钢各球化级别的高温持久强度见表E。

表 E 550℃时15CrMo钢各球化级别的高温持久强度

试验温度 ℃	球化级别	外推 10^5h 的持久强度 Mpa
	1	61 ¹⁾
	2	51.3

550	3	48.8 ²⁾
	4	46.2
	5	44.6
1)球化1级的高温持久强度采用GB 5310—1995附录的数据。 2)球化3级的高温持久强度采用球化2级球化4级试验数据的内插值		