

ICS 27.100

F 24

备案号: 50067-2015

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1422 — 2015

---

## 18Cr-8Ni 系列奥氏体不锈钢锅炉管 显微组织老化评级标准

The gradational standard of microstructure aging  
for 18Cr-8Ni serials austenitic stainless steel boiler tubes

2015-04-02 发布

2015-09-01 实施

---

国家能源局 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 试样制备 .....	1
5 老化级别评定方法 .....	2
附录 A (资料性附录) 18Cr-8Ni 系列钢的常用浸蚀剂 .....	14
附录 B (资料性附录) 18Cr-8Ni 系列钢牌号对照表 .....	15
附录 C (资料性附录) 18Cr-8Ni 系列钢的第二相析出规律和力学性能变化规律 .....	16

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。  
本标准首次发布。

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标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：西安热工研究院有限公司、广东电网公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：马红、史志刚、聂铭、王弘喆、贺锡鹏、郑坊平、张磊、张春雷、钟万里。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

# 18Cr-8Ni 系列奥氏体不锈钢锅炉管 显微组织老化评级标准

## 1 范围

本标准规定了火力发电厂用 18Cr-8Ni 系列奥氏体不锈钢锅炉管显微组织老化的评级方法。

本标准适用于 18Cr-8Ni 系列奥氏体不锈钢制造的过热器和再热器管在高温服役后组织老化程度的等级评定。18Cr-8Ni 系列奥氏体不锈钢包括 07Cr19Ni10、07Cr19Ni11Ti、07Cr18Ni11Nb、08Cr18Ni11NbFG 等中国牌号的钢及与这些钢化学成分相同或相近的其他国家牌号的钢。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 5310 高压锅炉用无缝钢管

GB/T 13298 金属显微组织检验方法

DL/T 884 火电厂金相检验与评定技术导则

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**稳定化奥氏体不锈钢** **stabilized austenitic stainless steel**

含有一定量稳定化元素 Nb 或 Ti 的奥氏体不锈钢。

### 3.2

**非稳定化奥氏体不锈钢** **non-stabilized austenitic stainless steel**

不含稳定化元素 Nb 和 Ti 的奥氏体不锈钢。

## 4 试样制备

### 4.1 取样方法

4.1.1 宜从被检验的管子上沿横截面切取环向试样。

4.1.2 试样的切割宜采用机械或线切割方法，切割中应控制样品的温度。当采用火焰切割时，则应将热影响区完全去除。

### 4.2 平整与磨光

4.2.1 试样的检验面应进行平整，平整时应注意试样的冷却。

4.2.2 试样平整后，用砂纸由粗到细依次研磨，应至少使用至 20 $\mu$ m 磨粒的砂纸。

### 4.3 抛光与浸蚀

4.3.1 宜采用机械方法抛光，机械抛光时应至少使用至 2.5 $\mu$ m 粒度的磨料。

4.3.2 浸蚀剂应采用可清晰显示晶界和第二相的试剂，常用的浸蚀剂见附录 A。



4.4 其他要求

金相试样制备的其他要求按 GB/T 13298 和 DL/T 884 的有关规定执行。

5 老化级别评定方法

5.1 按稳定化奥氏体不锈钢和非稳定化奥氏体不锈钢将 18Cr-8Ni 系列奥氏体不锈钢锅炉管分为两类。附录 B 列出了化学成分相同或相近的不同国家 18Cr-8Ni 系列奥氏体不锈钢牌号的对照, 供参考。

5.2 非稳定化奥氏体不锈钢的老化从原始状态至完全老化分为 5 个级别, 各级别的组织特征文字描述见表 1、对比图谱见图 1~图 5。

表 1 非稳定化奥氏体不锈钢组织老化特征

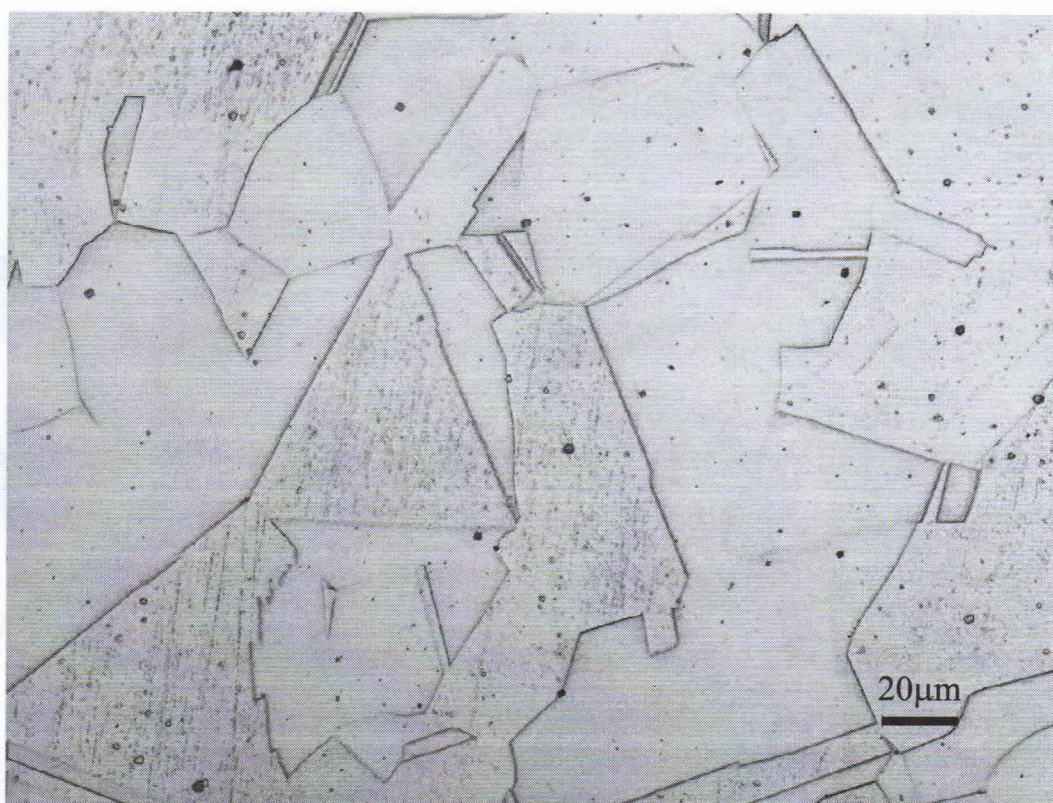
老化程度	老化级别	组 织 特 征	图号
未老化 (原始态)	1	晶内和晶界分布有少量细小的第二相	1
轻度老化	2	晶内存在较多细小的第二相, 晶界附近有大量第二相偏聚; 晶界上有少量尺寸稍大的第二相	2
中度老化	3	晶内存在较少的第二相, 晶界附近有较多的第二相偏聚; 晶界上存在略多尺寸稍大的第二相	3
重度老化	4	晶内存在少量的第二相; 晶界上有较多粗化的第二相, 一些呈链状分布; 部分“三叉晶界”处存在粗大第二相, 晶界粗化	4
完全老化	5	晶内存在少量的第二相; 晶界上有大量严重粗化的第二相, 大多呈链状分布; 较多“三叉晶界”处存在粗大第二相	5

5.3 稳定化奥氏体不锈钢的老化从原始状态至完全老化分为 5 个级别, 各级别的组织特征文字描述见表 2、对比图谱见图 6~图 10。

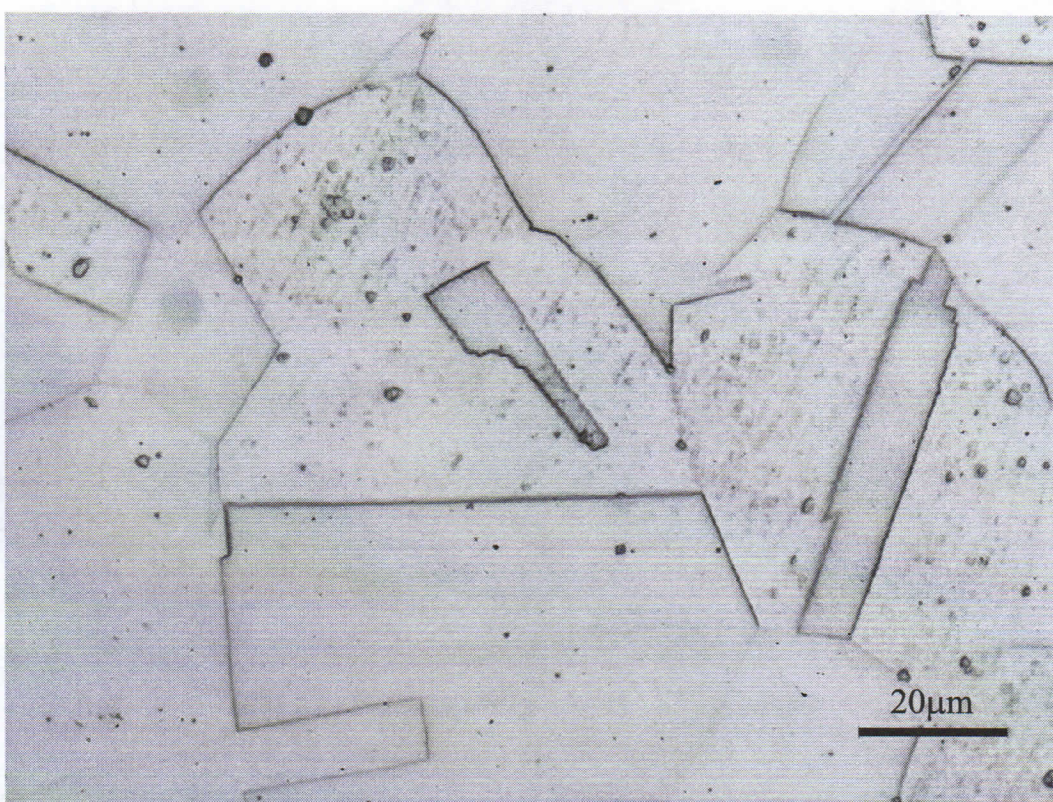
表 2 稳定化奥氏体不锈钢组织老化特征

老化程度	老化级别	组 织 特 征	图号
未老化 (原始态)	1	晶内和晶界分布少量细小的第二相	6
轻度老化	2	晶内存在较多细小的第二相; 晶界上有少量第二相	7
中度老化	3	晶内存在较多稍粗化的第二相; 晶界上有略多粗化的第二相	8
重度老化	4	晶内存在较多稍粗化的第二相; 晶界上有较多明显粗化的第二相, 一些呈链状分布	9
完全老化	5	晶内存在一些稍粗化的第二相; 晶界上有较多严重粗化的第二相, 大多呈链状分布; 较多“三叉晶界”处存在粗大第二相	10





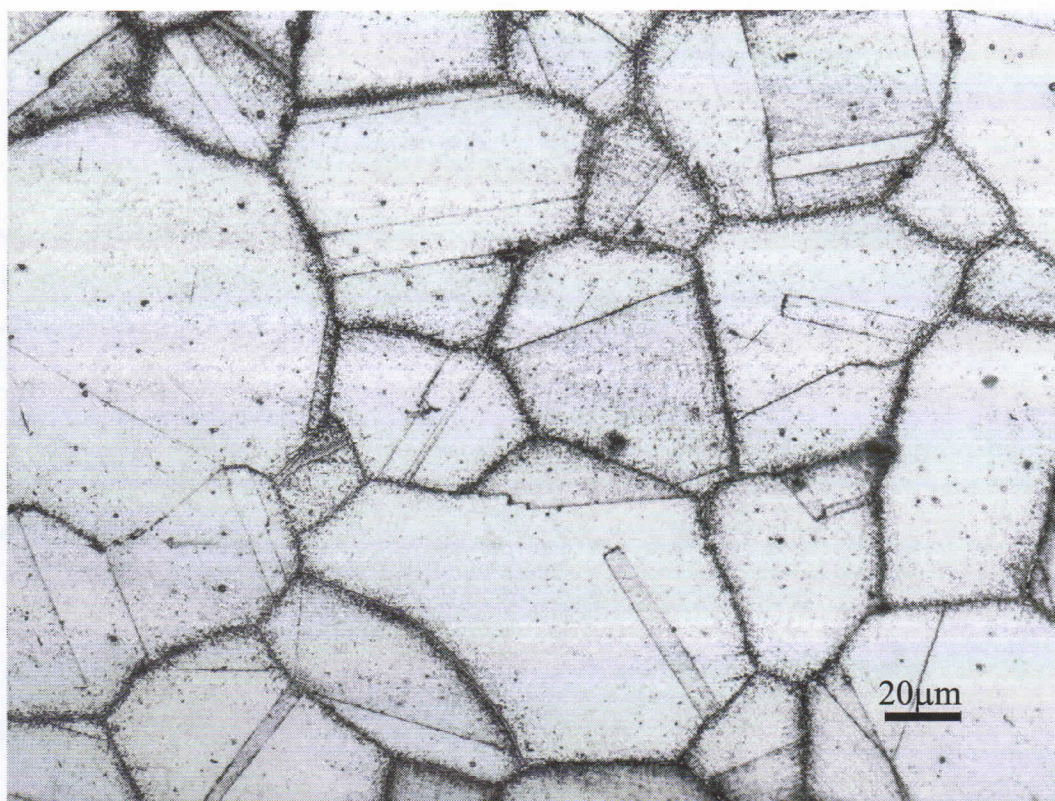
a)



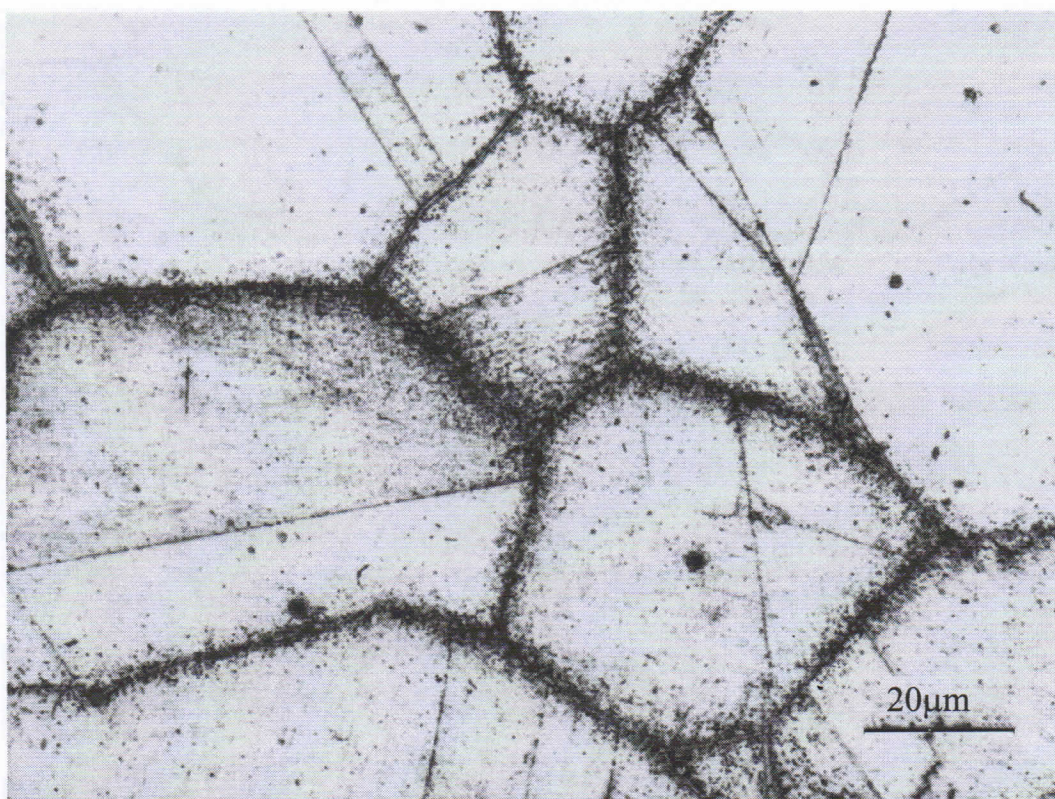
b)

图1 非稳定化奥氏体不锈钢组织1级老化图（未老化）





a)



b)

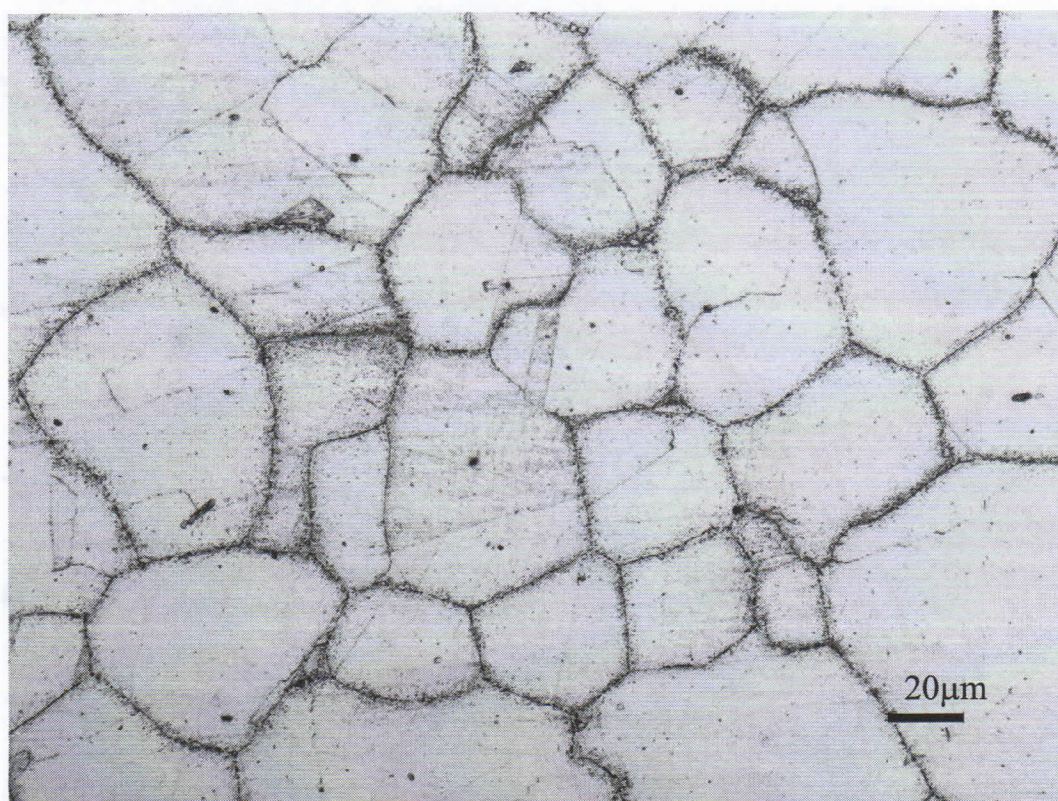
图2 非稳定化奥氏体不锈钢组织2级老化图（轻度老化）



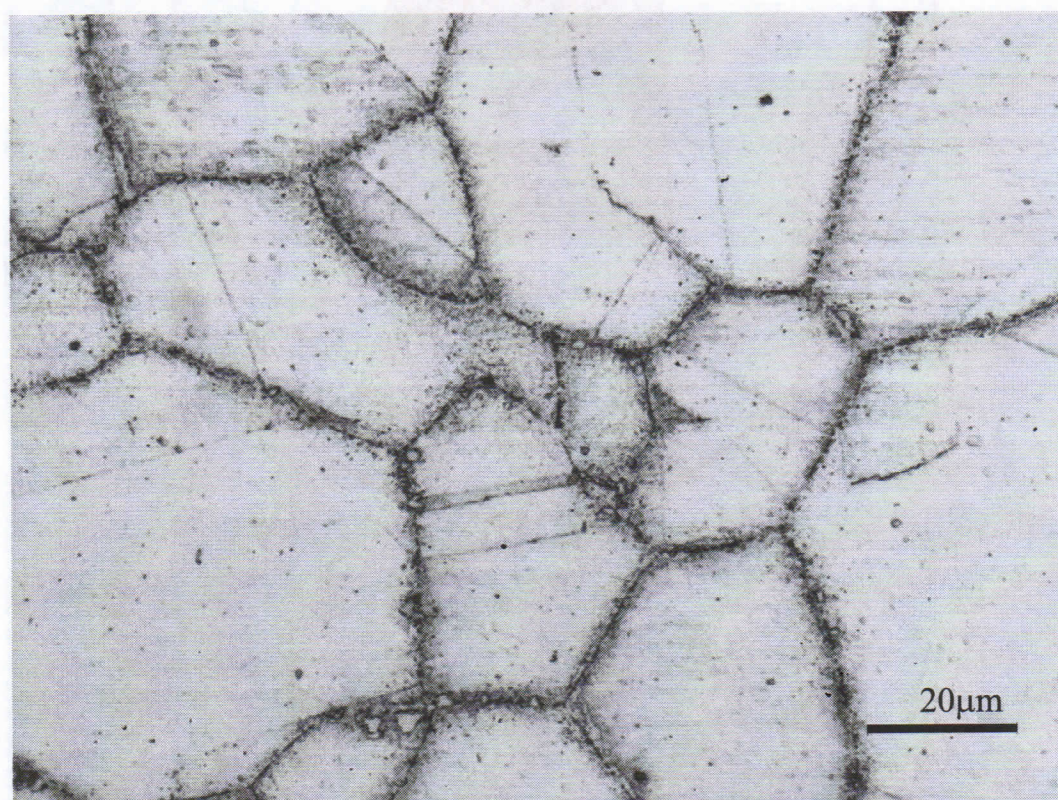


图3 非稳定化奥氏体不锈钢组织3级老化图（中度老化）





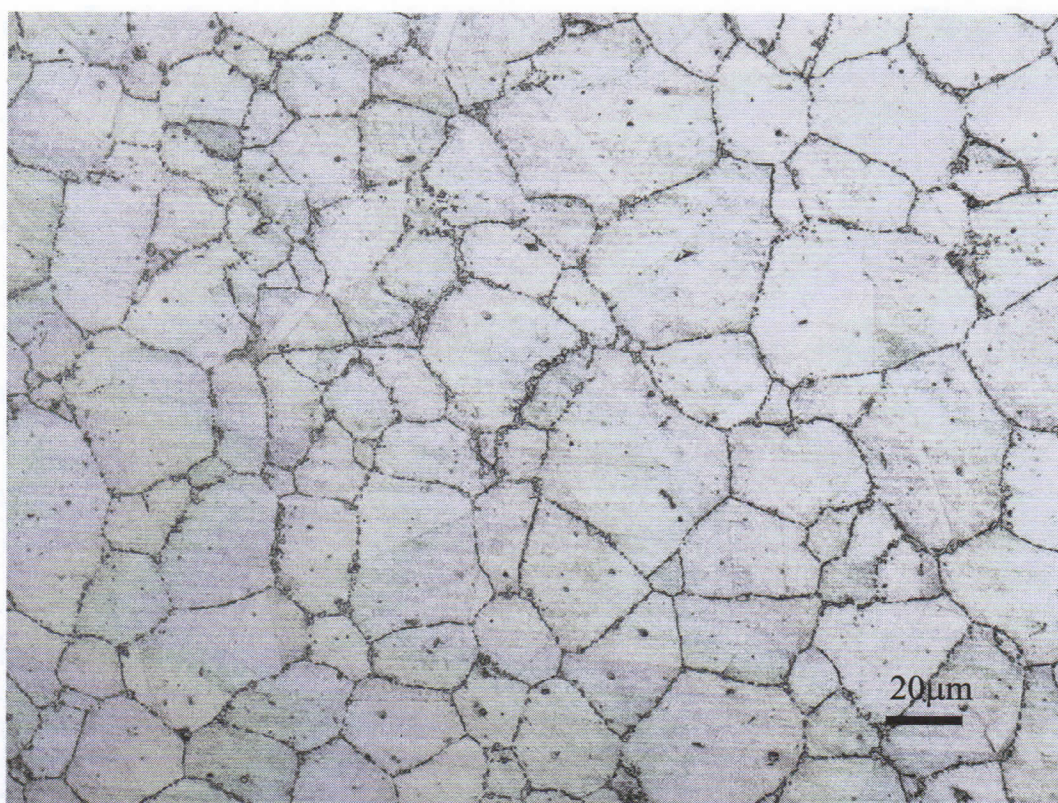
a)



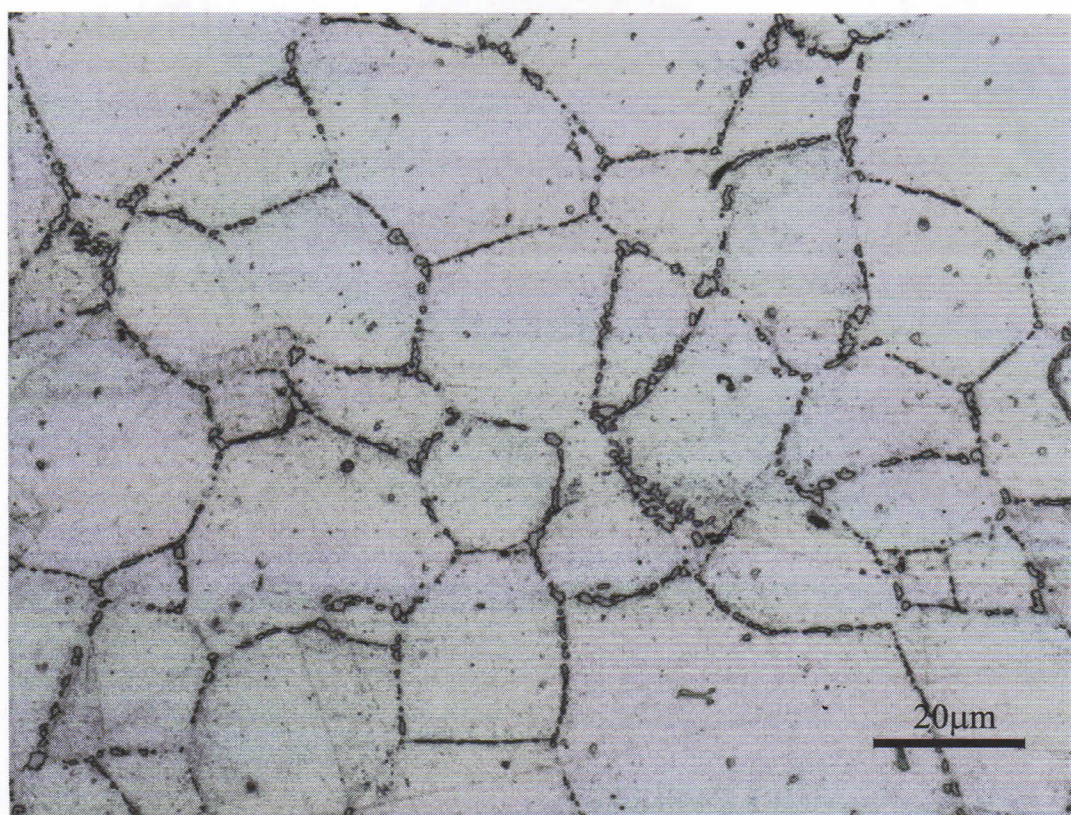
b)

图4 非稳定化奥氏体不锈钢组织4级老化图（重度老化）





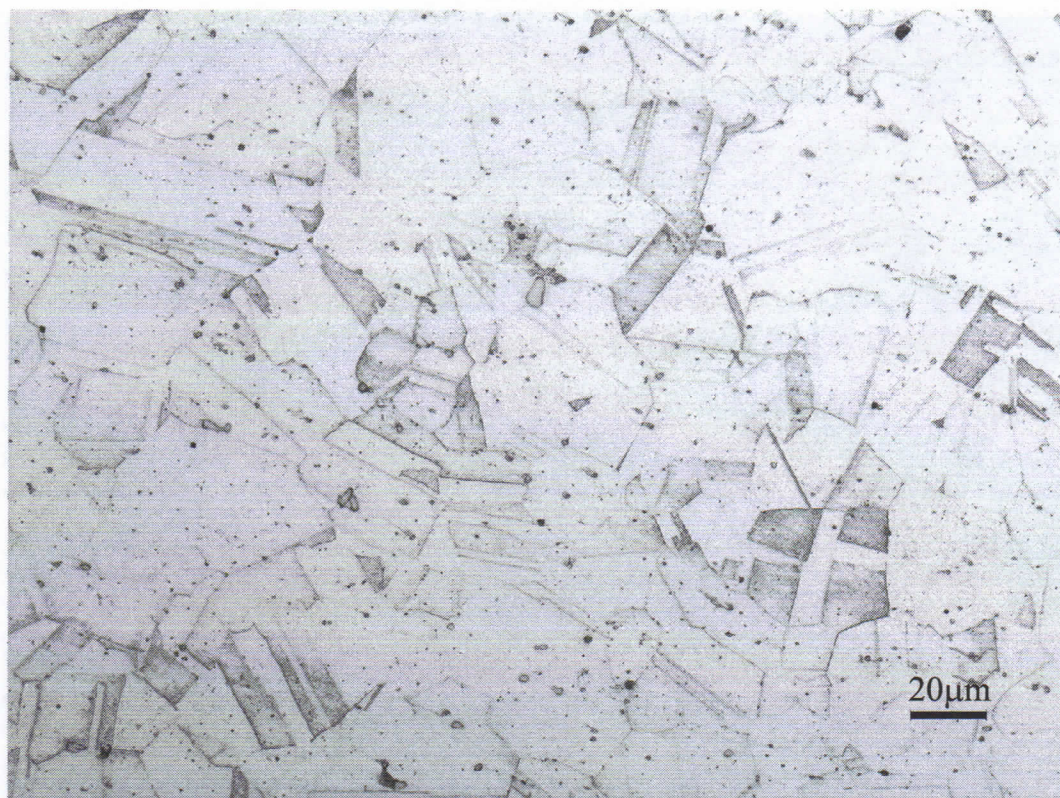
a)



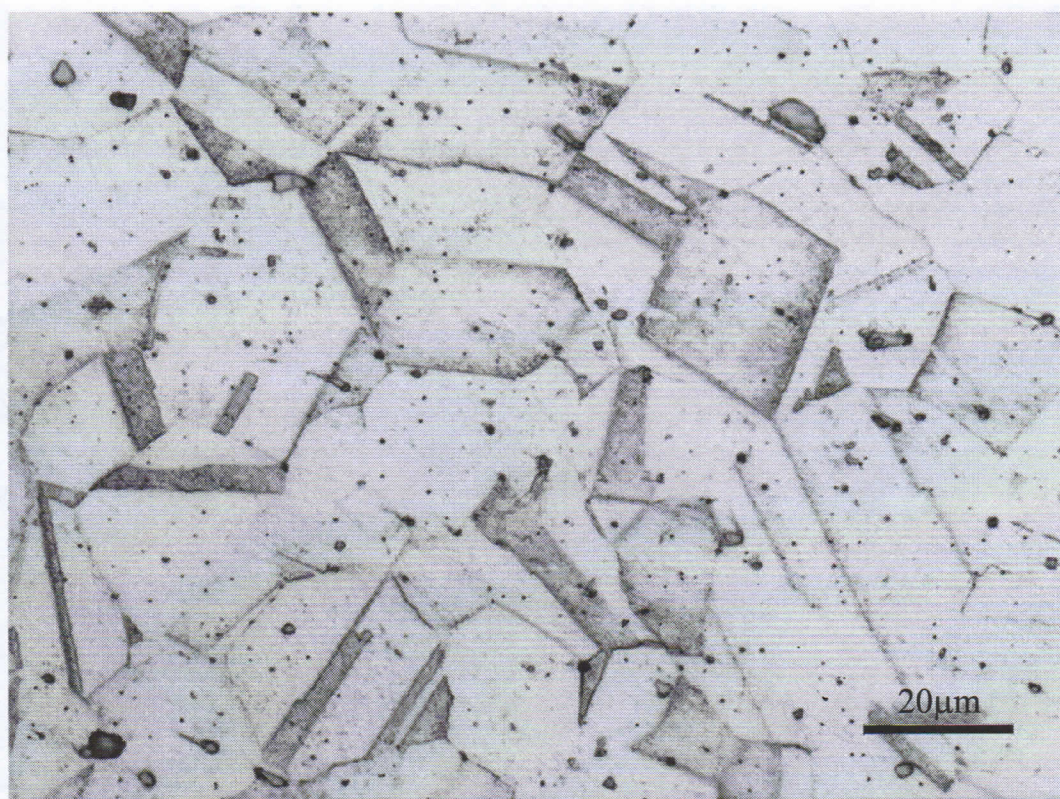
b)

图5 非稳定化奥氏体不锈钢组织5级老化图（完全老化）





a)



b)

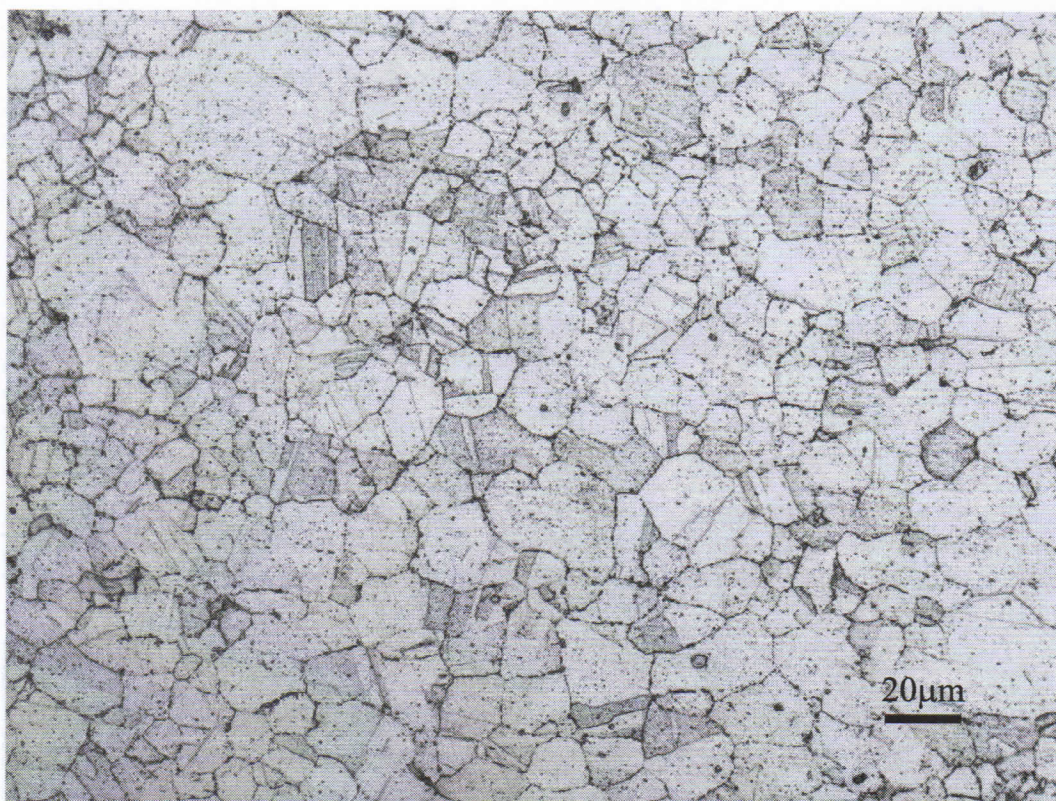
图6 稳定化奥氏体不锈钢组织1级老化图（未老化）



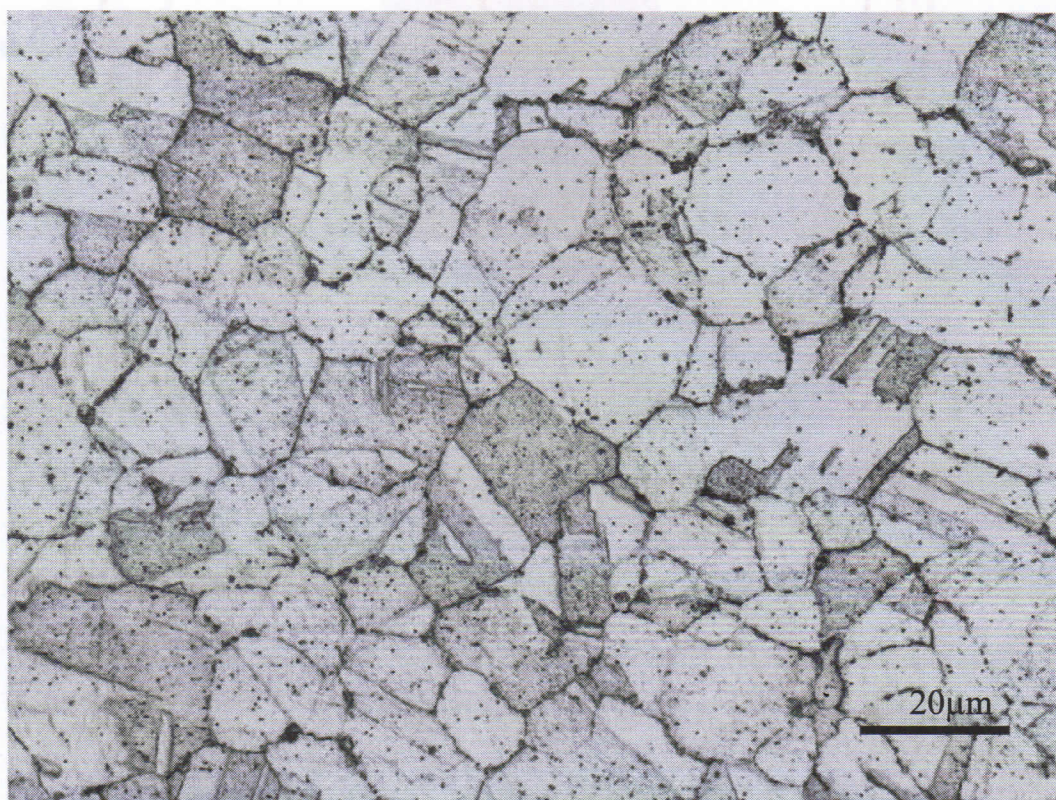


图 7 稳定化奥氏体不锈钢组织 2 级老化图（轻度老化）





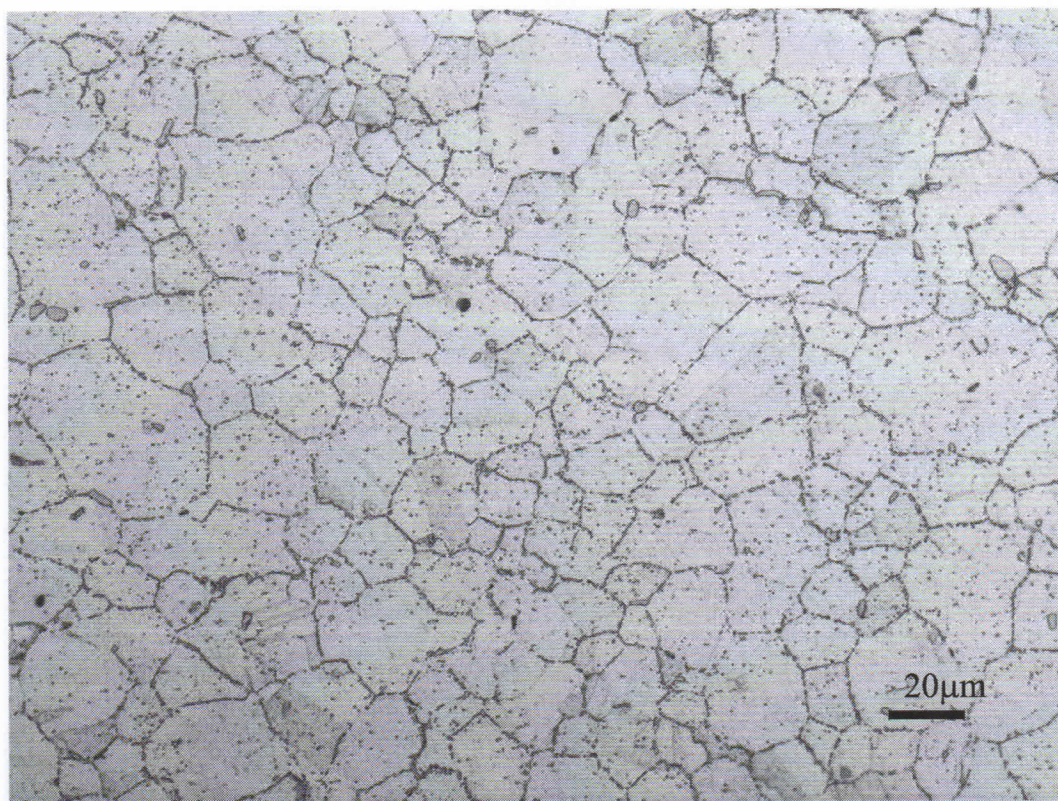
a)



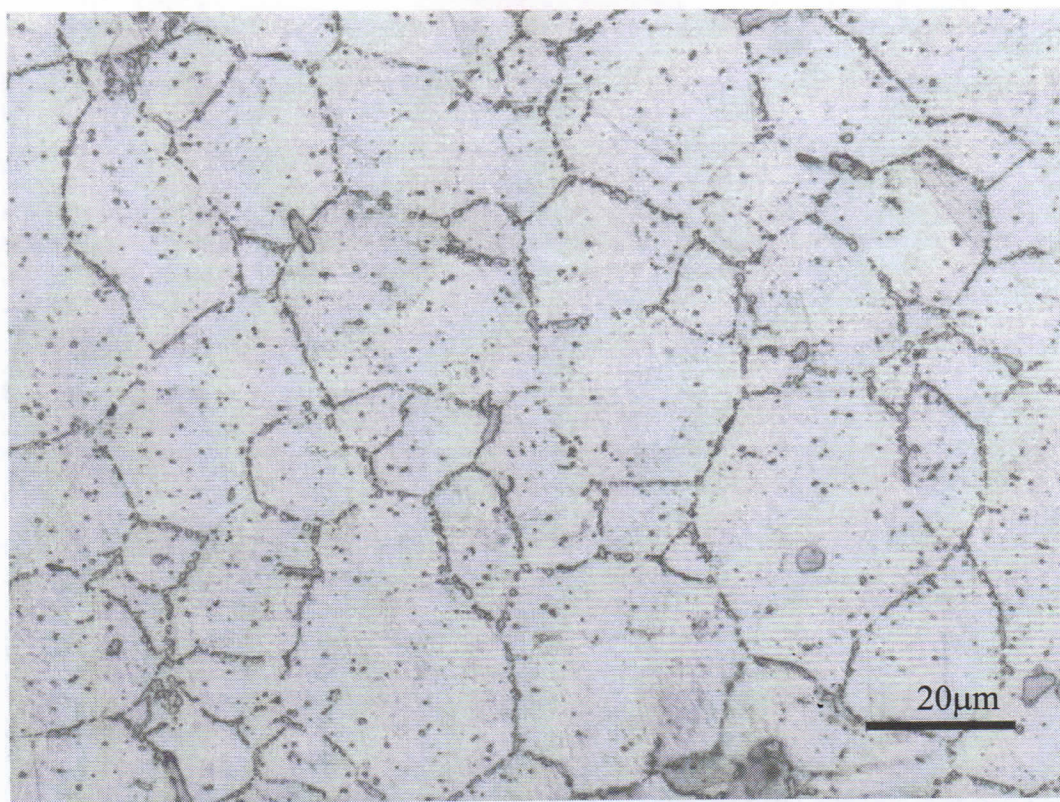
b)

图 8 稳定化奥氏体不锈钢组织 3 级老化图 (中度老化)





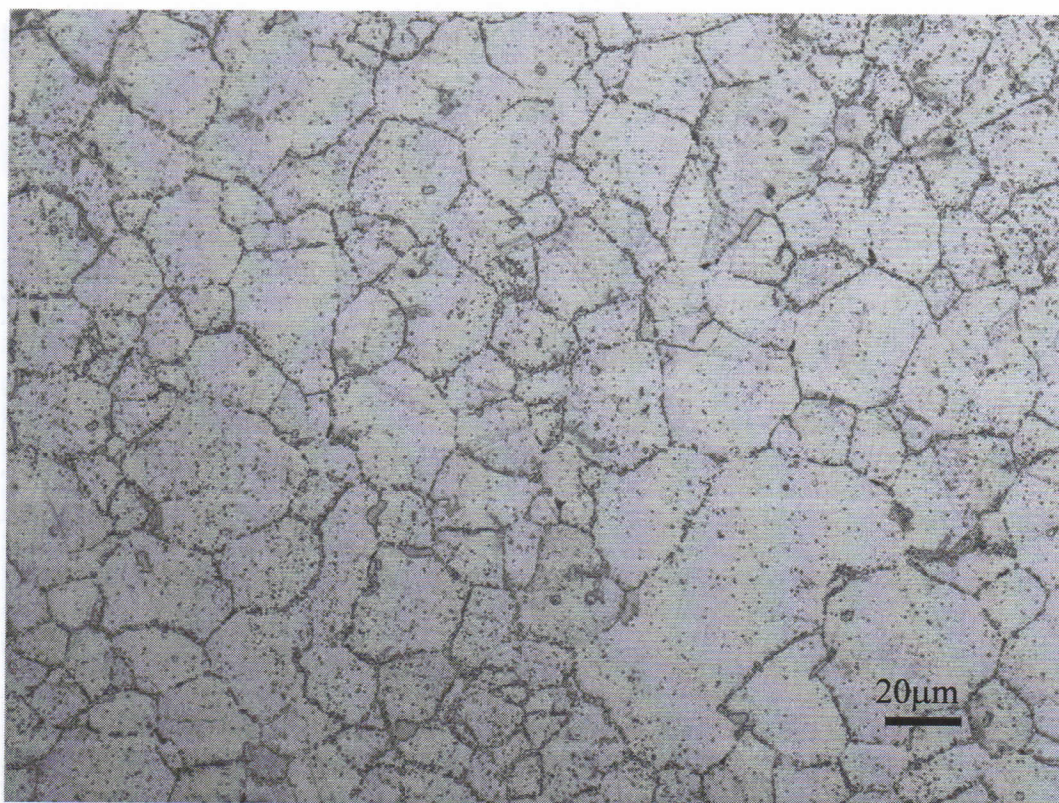
a)



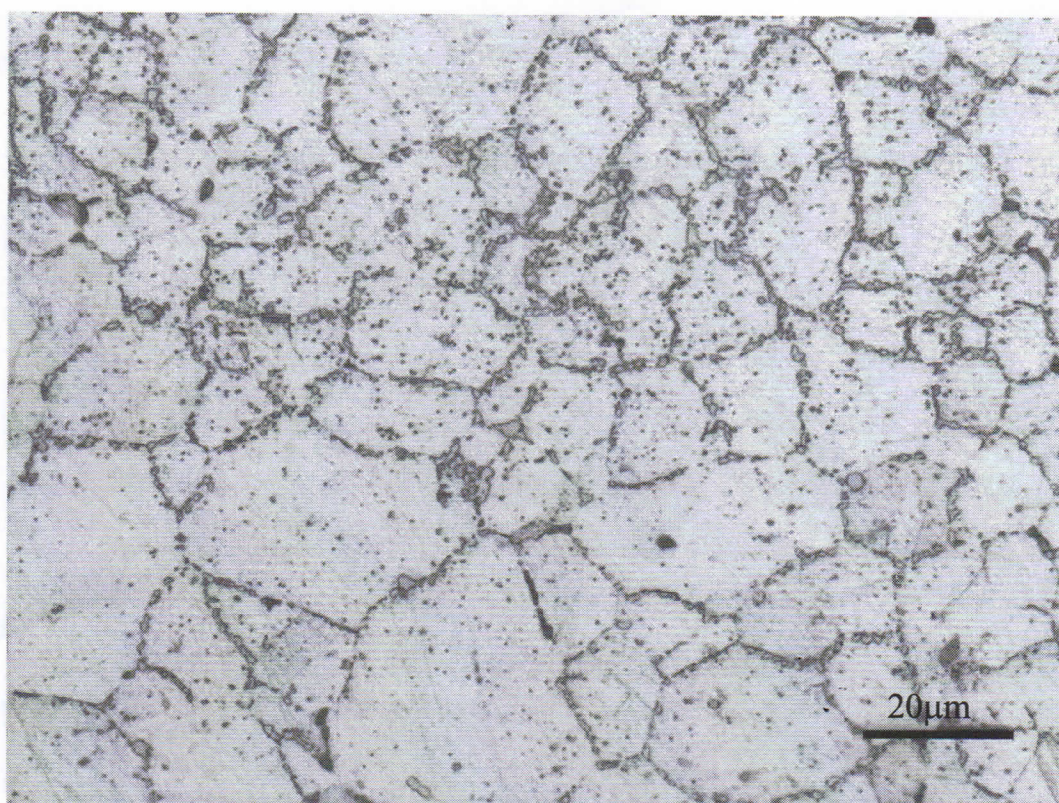
b)

图9 稳定化奥氏体不锈钢组织4级老化图（重度老化）





a)



b)

图 10 稳定化奥氏体不锈钢组织 5 级老化图 (完全老化)



- 5.4 通过显微镜进行显微组织的观察和老化级别的评定,宜使视场中直径或对角线长度范围内有4个~20个晶粒。
- 5.5 老化级别评定应采用以文字表述为主、图像对比为辅的方法。
- 5.6 评级时,应首先进行全面观察,再选择具有代表性的区域与老化特征文字表述和标准图谱进行综合比较,在同一检查区域选择的视场数目不少于3个。
- 5.7 如果试样中存在有老化不均匀现象,应根据具体情况区别对待。对局部不均匀,应以占优势(相同级别视场面积占总观察面积90%以上时)的老化级别作为评定结果。对普遍不均匀,应以老化程度严重的作为评定结果,并在评定结论中以文字表示其不均匀性。
- 5.8 对介于两个级别之间的组织老化状态,可使用半级表示,如1.5级、2.5级等。
- 5.9 18Cr-8Ni系列奥氏体不锈钢的第二相析出规律和力学性能变化规律见附录C。





附 录 A  
(资料性附录)

18Cr-8Ni 系列钢的常用浸蚀剂

18Cr-8Ni 系列钢的常用浸蚀剂见表 A.1。

表 A.1 18Cr-8Ni 系列钢的常用浸蚀剂

类别	名 称	成 分	备 注
黑白金相	王水	硝酸:盐酸=1:3	—
	硝酸盐酸水溶液	硝酸:盐酸:水=1:1:1	—
	氯化铁盐酸水溶液	三氯化铁: 5g, 盐酸: 30ml, 水: 100mL	—
	苦味酸盐酸酒精溶液	苦味酸: 4g, 盐酸: 5mL, 酒精: 100mL	—
	硫酸铜盐酸水溶液	硫酸铜: 20g, 盐酸: 100mL, 水: 100mL	—
彩色金相	焦亚硫酸钾+氯化铁盐酸水溶液	焦亚硫酸钾: 3g, 氯化铁: 2g, 盐酸: 50mL, 水: 50mL	5s~30s
第二相染色	碱性高锰酸钾水溶液	高锰酸钾: 4g, 氢氧化钠: 4g, 水: 100mL	60℃~90℃热蚀, 时间: 1min~10min

附 录 B  
(资料性附录)

18Cr-8Ni系列钢牌号对照表

表 B.1 列出了化学成分相同或相近的不同国家 18Cr-8Ni 系列钢牌号的对照, 供参考。

表 B.1 18Cr-8Ni 系列钢牌号对照表

序号	中国牌号	其他国家牌号		
		EN	ASME/ASTM	JIS
1	07Cr19Ni10	X6CrNi18-10	TP304H	SUS 304H TB
2	07Cr19Ni11Ti	X6CrNiTi18-10	TP321H	SUS 321H TB
3	07Cr18Ni11Nb	X7CrNiNb18-10	TP347H	SUS 347H TB
4	08Cr18Ni11NbFG	—	TP347HFG	—

## 附录 C

### (资料性附录)

#### 18Cr-8Ni 系列钢的第二相析出规律和力学性能变化规律

##### C.1 18Cr-8Ni 系列钢的第二相析出规律

C.1.1 非稳定化奥氏体不锈钢管中的第二相主要为碳化物 ( $M_{23}C_6$ ) 和金属间化合物 ( $\sigma$ 相) 两类; 在服役初期, 析出的第二相主要为  $M_{23}C_6$ , 随着服役时间的延长,  $\sigma$ 相也逐渐析出和长大。

C.1.2 稳定化奥氏体不锈钢管中的第二相主要为碳化物 ( $M_{23}C_6$ 、NbC、TiC) 和金属间化合物 ( $\sigma$ 相); 在服役初期, 析出的第二相主要为碳化物, 随着服役时间的延长,  $\sigma$ 相也逐渐析出和长大。

C.1.3 18Cr-8Ni 系列钢第二相的晶体结构和化学组成见表 C.1。

表 C.1 18Cr-8Ni 系列钢第二相的晶体结构和化学组成

第二相	晶体结构	参数 nm	化学组成
NbC	面心立方	$a=0.447$	NbC
TiC	面心立方	$a=0.433$	TiC
$M_{23}C_6$	面心立方	$a=1.057\sim 1.068$	$Cr_{16}Fe_5Ni_2C_6$
$\sigma$ 相	正方晶格	$a=0.880, c=0.454$	Fe-Cr <sub>42~51</sub> -Ni-Mo
Laves/ $\eta$ 相	密排六方	$a=0.473, c=0.772$	$Fe_2Nb, Fe_2Ti$
$M_7C_3$	三角点阵	—	$Cr_7C_3, (Fe, Cr)_7C_3$
Z 相	正方晶格 面心立方	$a=0.304, c=0.739$ $a=0.286, c=0.739$	CrNbN Cr (Nb、V) N
G 相	面心立方	$a=1.12$	$NiNb_6Si_7, Ni_{16}Ti_6Si_7$

##### C.2 18Cr-8Ni 系列钢的力学性能变化规律

C.2.1 服役过程中, 除在寿命末期组织中出现明显蠕变损伤时, 硬度值和强度急剧下降外, 在大部分寿命周期内室温下的硬度值和抗拉强度总体呈升高趋势, 规定塑性延伸强度基本保持不变。

C.2.2 随着服役时间的延长, 断后伸长率、断面收缩率及冲击吸收能量呈明显的下降趋势。





中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
**18Cr-8Ni 系列奥氏体不锈钢锅炉管**  
**显微组织老化评级标准**  
**DL/T 1422—2015**

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京传奇佳彩数码印刷有限公司印刷

\*

2016 年 7 月第一版    2016 年 11 月北京第二次印刷  
880 毫米×1230 毫米 16 开本 1.25 印张 33 千字  
印数 201—350 册

\*

统一书号 155123·2833 定价 **11.00 元**

**敬告读者**

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

**版 权 专 有   翻 印 必 究**



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2833