

疲劳断口的宏观形貌特征

目录

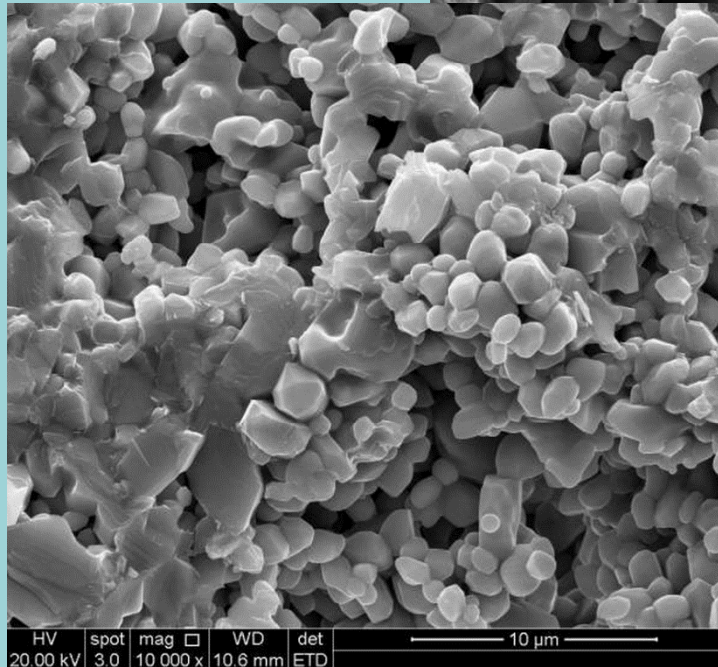
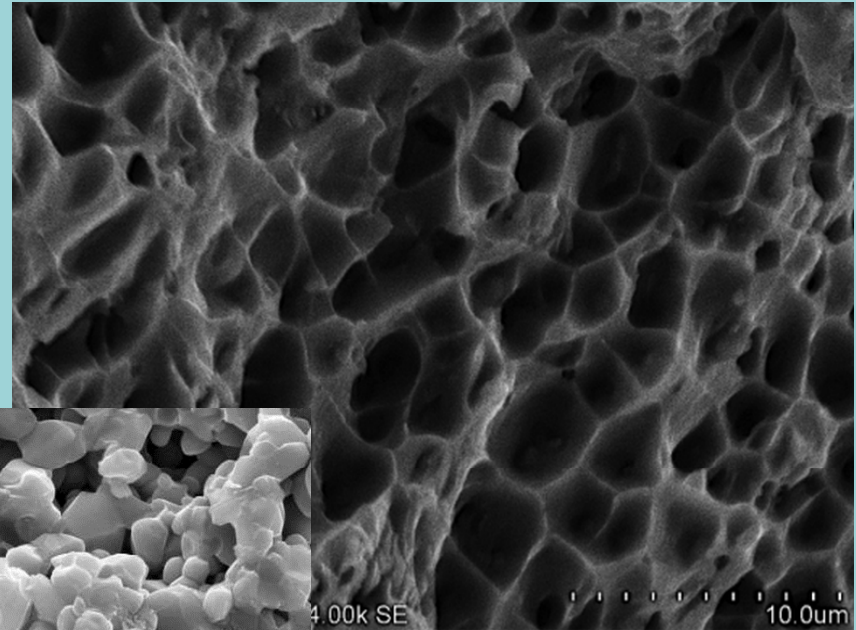
- 疲劳断口的观察方法
- 疲劳断口的宏观形貌特征
- 根据宏观形貌特征判断受载情况

疲劳断口的观察方法

- 断裂机理的分类

- (1) 解理断裂
- (2) 准解理断裂
- (3) 韧窝断裂
- (4) 沿晶断裂
- (5) **疲劳断裂**
- (6) 蠕变断裂
- (7)

韧窝断裂



沿晶断裂

疲劳断口的观察方法

- 为什么要进行疲劳断口分析？

断口总是发生在金属组织中最薄弱的地方，记录着有关断裂全过程的许多珍贵资料。借助断口可以分析断裂类型、断裂方式、断裂路径、断裂过程、断裂性质、断裂原因和断裂机理，所以对断口的观察和研究一直受到重视。

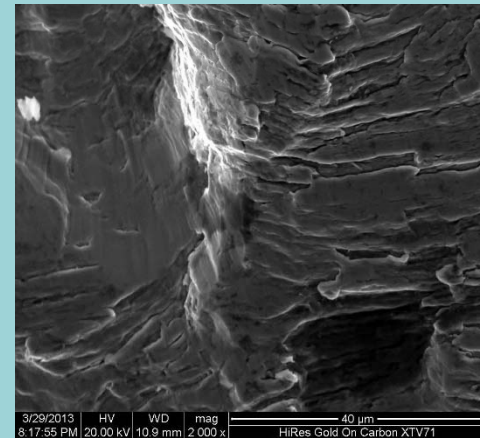
疲劳断口提供了大量信息，由断口可分析裂纹起因、扩展信息、临界裂纹尺寸、破坏载荷等，是疲劳失效分析的重要依据。

- 疲劳断口分析的实验基础：

对断口表面的宏观形貌和微观结构特征进行直接观察和分析。



断口的宏观形貌特征



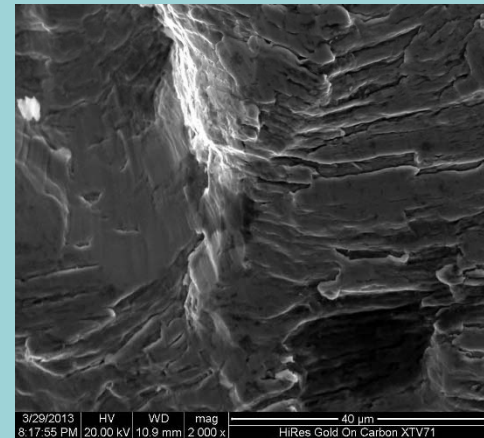
断口的微观结构特征

疲劳断口的观察方法

- **断口的宏观形貌（通常指40x以下）**
观察总体形貌特征，定性分析。
 - 是否疲劳破坏？（能否看到三个特征区）
 - 何处为裂纹源？（可以直接从断口处观察到）
 - 裂纹临界尺寸？（扩展区大小）
 - 破坏载荷？（结合断裂力学知识计算）
- **断口的微观结构（通常指40x以上）**
得到局部细节处的信息，了解破坏形成的微观机理，本质上把握疲劳现象；甚至可以进行定量计算。
- **观察方法：**
按照观察工具的不同，可以大致分为三类：
 - 肉眼或者放大镜观察——1~10x
 - 使用金相显微镜观察——10~1000x
 - 使用电子显微镜观察——1000x以上







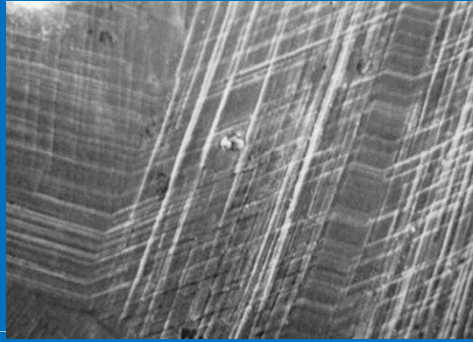
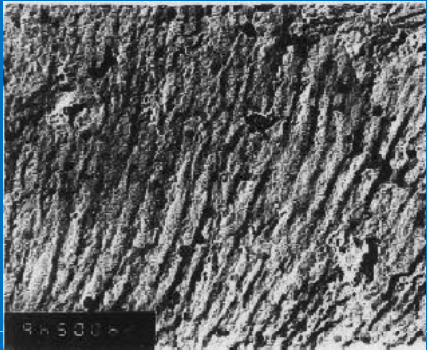
断口的宏观形貌特征



断口的微观结构特征

疲劳断口的观察方法

- 观察工具和能观察到的对象:

观察工具	肉眼、放大镜 	金相显微镜 	电子显微镜 
放大倍数	1~10x	10~1000x	1000x以上
观察对象	宏观断口、海滩条带	裂纹源、滑移、夹杂、缺陷	条纹、微解理、微孔聚合
例图			

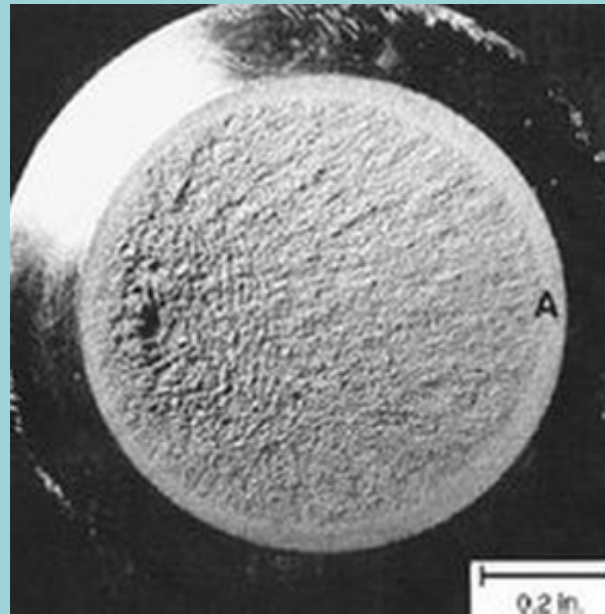
疲劳断口的宏观形貌特征

- 断口的宏观形貌

材料疲劳断裂虽然类似脆性断裂，但疲劳断口明显区别于其他类型断口：



疲劳断口



脆性断口



塑性断口

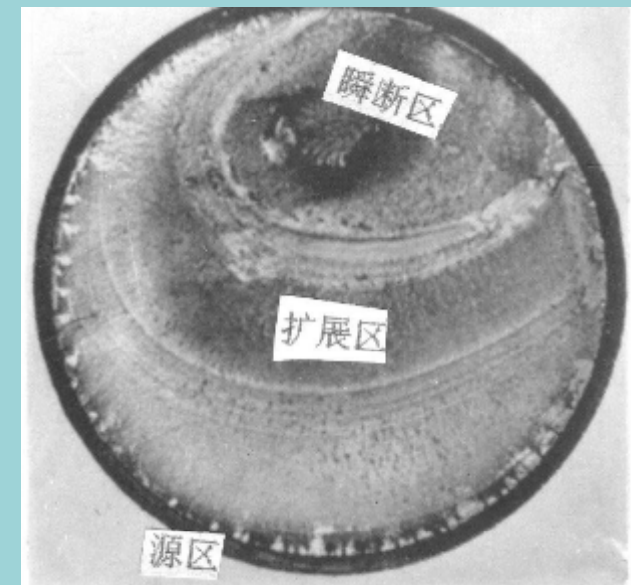
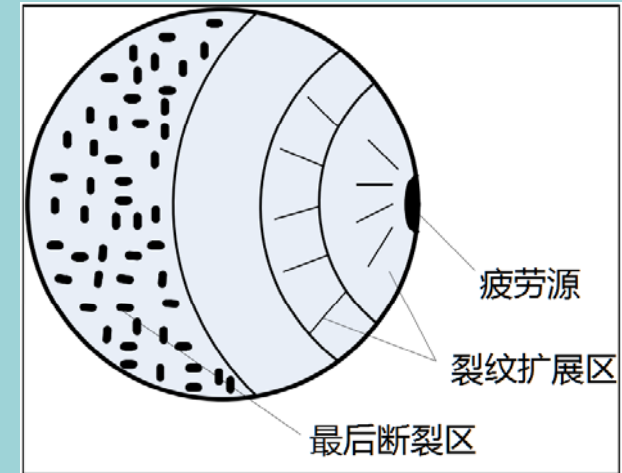
断口的宏观形貌特征

疲劳断口的宏观形貌特征

- 疲劳断口的宏观形貌

分为三个区：

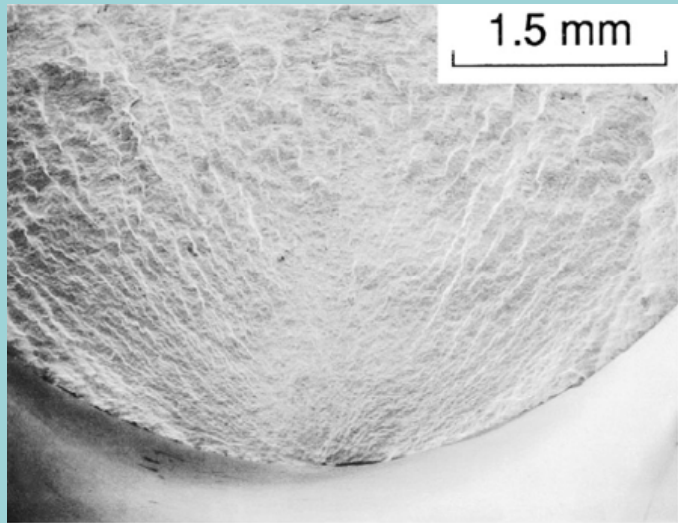
- 疲劳源 (源区)
- 裂纹扩展区 (扩展区)
- 最后断裂区 (瞬断区)



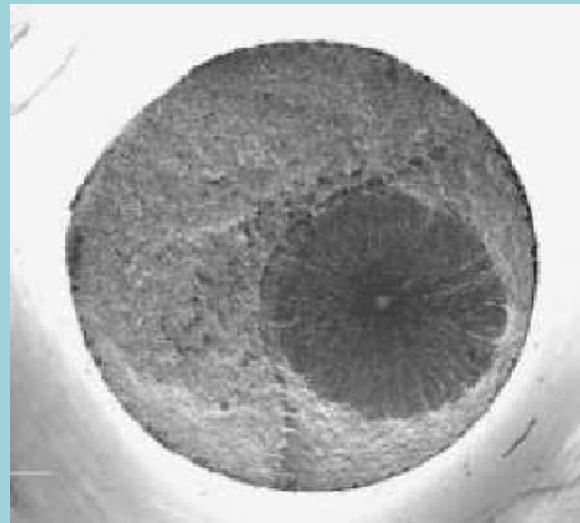
疲劳断口的宏观形貌特征

- 疲劳源

疲劳源区是疲劳裂纹的萌生地，该区一般位于构件的表面或内部缺陷处，可能一个，也可能多个。



疲劳源位于构件的表面



疲劳源位于内部缺陷处



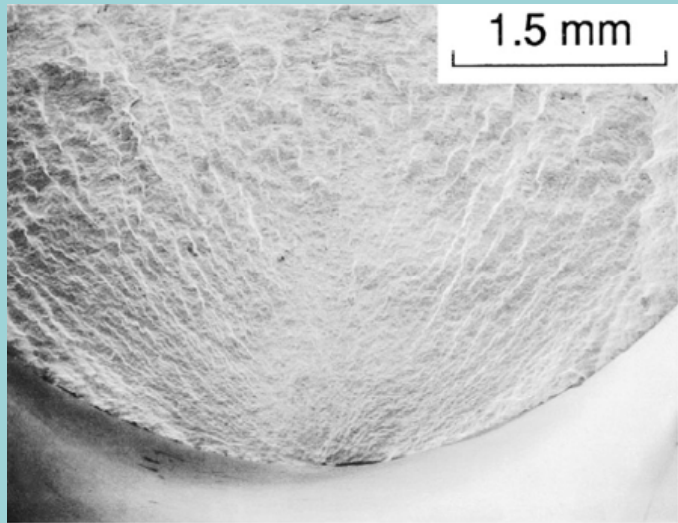
疲劳源位于构件的表面

在断口上无法明显的看到裂纹萌生的许多细节，但是疲劳断口的整体形貌特征仍可确定疲劳源的大体位置。

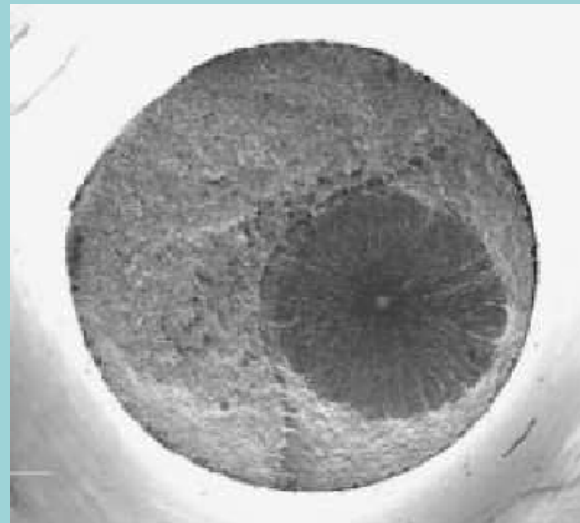
疲劳断口的宏观形貌特征

- **疲劳源**

疲劳源区是疲劳裂纹的萌生地，该区一般位于构件的表面或内部缺陷处，可能一个，也可能多个。



疲劳源位于构件的表面



疲劳源位于内部缺陷处



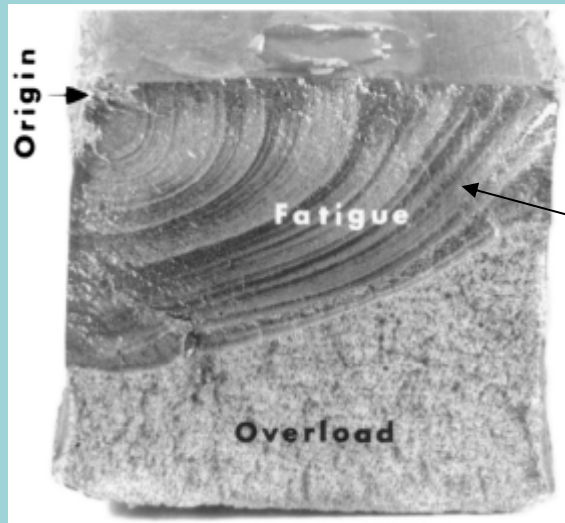
- **疲劳裂纹萌生的原因：**

- 裂纹构件结构形状不合理：截面突变、拐角、缺口等；
- 构件表面的晶粒粗大等组织缺陷，或者表面存在切削刀痕或划伤等工艺缺陷；
- 若在材料的内部存在严重的冶金缺陷如夹渣、疏松时疲劳源也可能在此处产生。

疲劳断口的宏观形貌特征

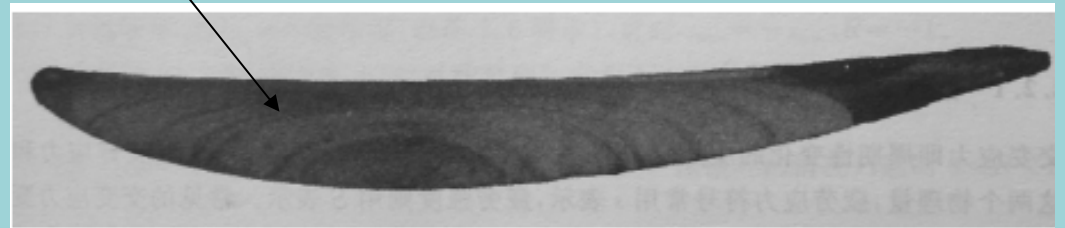
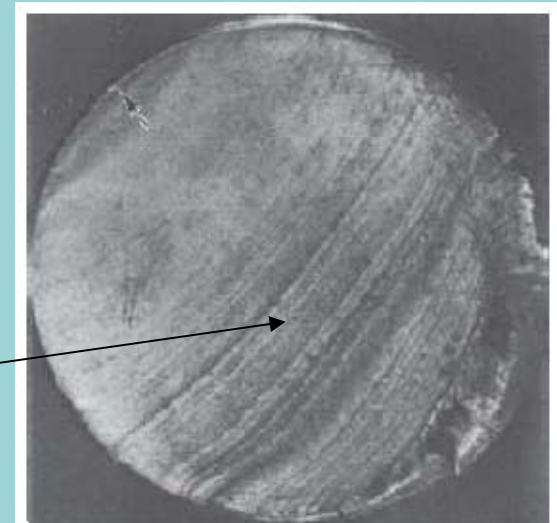
- 裂纹扩展区

- 扩展区断面光滑、平整——循环加载时，反复变形，裂开的两个面不断张开、闭合，相互摩擦。
- 断面通常可见形似“海滩”的海滩条带——载荷剧烈变动引起的。变幅加载，运行启动时，突然过载；在裂纹前沿出现较大的应力而留下塑性变形的痕迹。



海滩条带是疲劳断口的宏观基本特征，是判断结构断裂失效是否为疲劳断裂的重要依据。

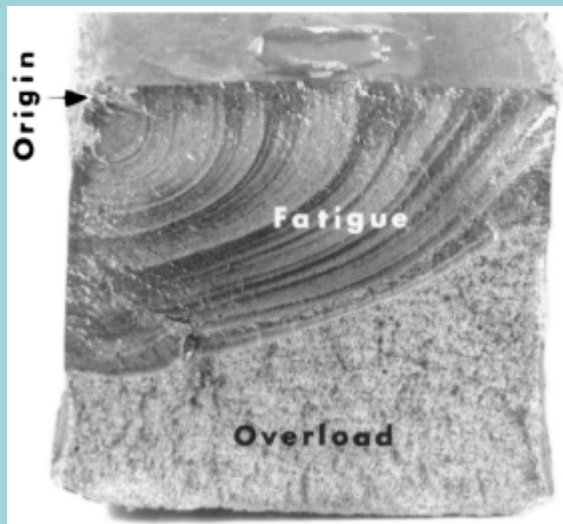
海滩条带



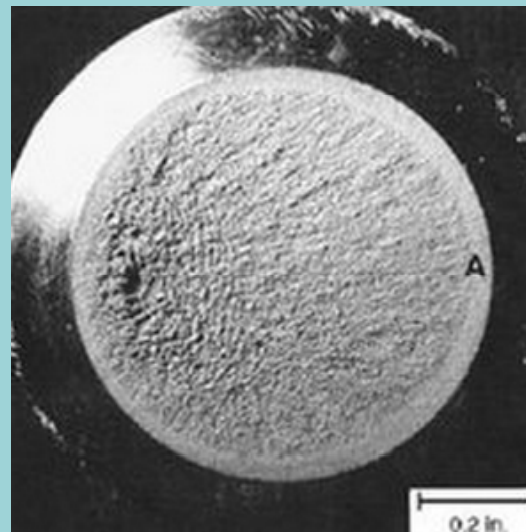
疲劳断口的宏观形貌特征

- 最后断裂区

即瞬时断裂区。瞬时断裂区是裂纹扩展到剩余面积不足以承担最大疲劳载荷，最后发生静强度（即过载）断裂失效形成的，瞬断区形貌与塑性或脆性断口形貌基本一致，比较粗糙，也称粗粒区。



最后断裂区



脆性断口

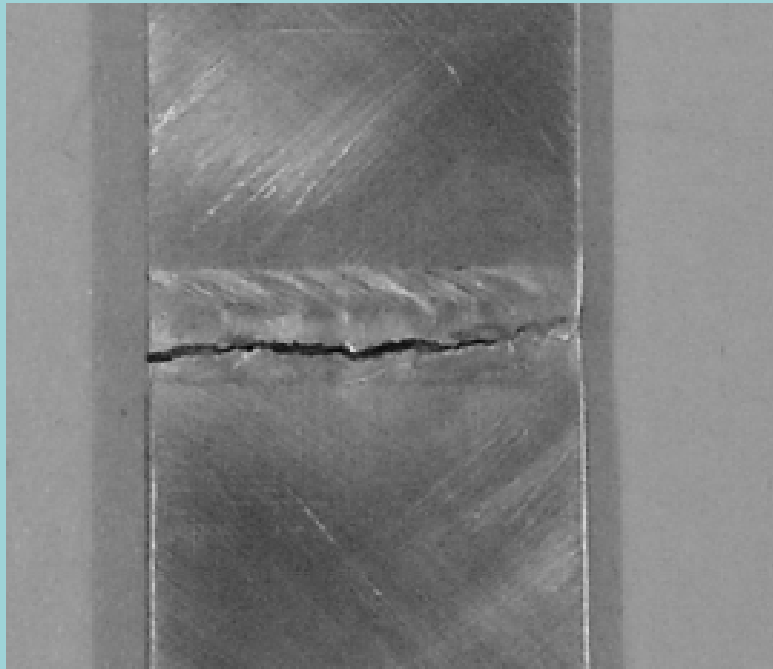


塑性断口

疲劳断口的宏观形貌特征

疲劳断口宏观上没有明显的塑性变形：

将疲劳破坏的断口对合在一起，一般都能吻合的很好。这表明破坏之前并未发生大的塑性变形，即使是塑性很好的材料也是如此。

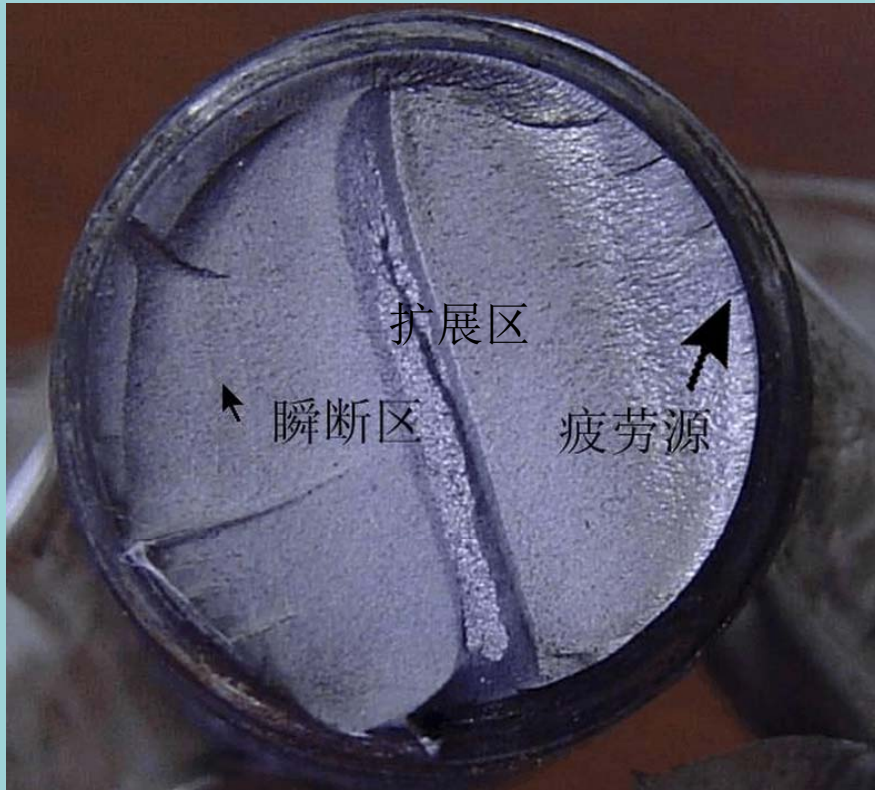


疲劳断口



塑性断口

根据宏观形貌特征判断受载情况

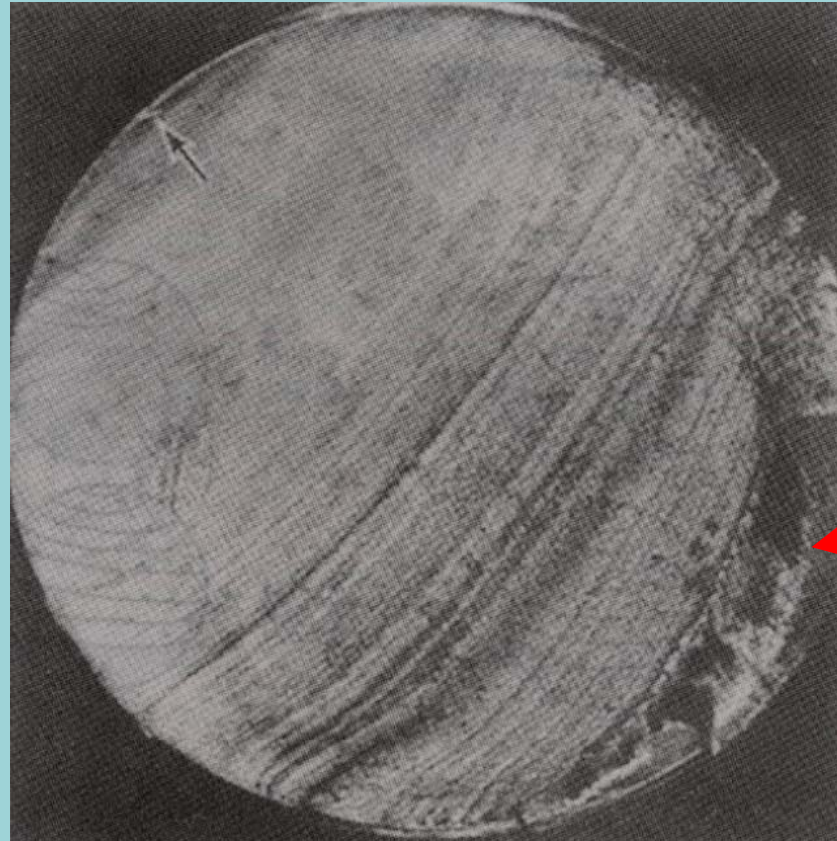


从右到左依次为裂纹源，扩展区和瞬断区，判断为单向弯曲载荷



断口形貌有对称的特征，判断为双向弯曲载荷

根据宏观形貌特征判断受载情况



最后断裂区

最后断裂区的面积小，说明应力水平比较低

根据宏观形貌特征判断受载情况



棘轮状标志

根据裂纹源的位置和海痕条带，判断为偏心旋转弯曲载荷
断口边缘存在棘轮状标志，说明边缘处存在应力集中