

A collection of military medals and a compass on a wooden surface. The medals include a red ribbon medal with a circular emblem, a blue ribbon medal with a circular emblem, and two silver star-shaped medals with circular centers. A pair of gold-rimmed glasses and a silver compass are also visible.

# 失效分析

## 与

# 质量管理

鄢国强

Prof. Yan Guoqiang , Srimtc

1

# 失效分析与产品质量的关系

- ◆ 据统计，由于管理不当造成的失效占总失效数的70%，如果全面质量管理工作不严，任何一道工序都可能产生缺陷，在一定条件下成为失效的主要根源；
- ◆ 失效是产品质量控制网发生偏差的反映，失效分析是全面质量管理的重要环节，各企业应重视产品的失效分析问题，把失效分析纳入质量管理体系，充分发挥失效分析在提高产品质量和产品国产化过程中的作用；
- ◆ 质量控制的有效配置在于“保证质量的实际效果与成本利益和风险度的协调”，控制不当将使质量管理和产品成本增加或招致失效风险，导致产品质量下降，无论从技术上还是从经济上，都没有必要要求产品“永不失效”；
- ◆ 企业领导应关心产品投放市场前和后的失效及失效分析的信息，找出技术上的原因并从管理上采取措施，切实改进产品质量，提高企业核心竞争力。



# 质量的概念

## ◆ 质量大师之言

好的质量并不一定意味着高的质量，而是在低的成本上，使符合市场要求的质量达到一致和可靠的程度。 ----戴明（Deming）

质量是“对目的的适用性”。 ----朱兰（Juran）

## • 国际标准之词

影响满足规定和暗示需求能力的一个实体的特性总和。 ----ISO/IEC 8402: 1994

产品、体系或过程的一组固有特性满足顾客和其他相关方要求的能力。 ----ISO 9000: 2000

# 质量管理

## ◆ 概念

指挥和控制一个组织的与质量有关的相互协调的活动。

## • 质量管理八原则

1. 以客户为关注焦点
2. 领导作用
3. 全员参与
4. 过程方法
5. 管理的系统方法
6. 持续改进
7. 基于事实的决策方法
8. 与供方互利的关系

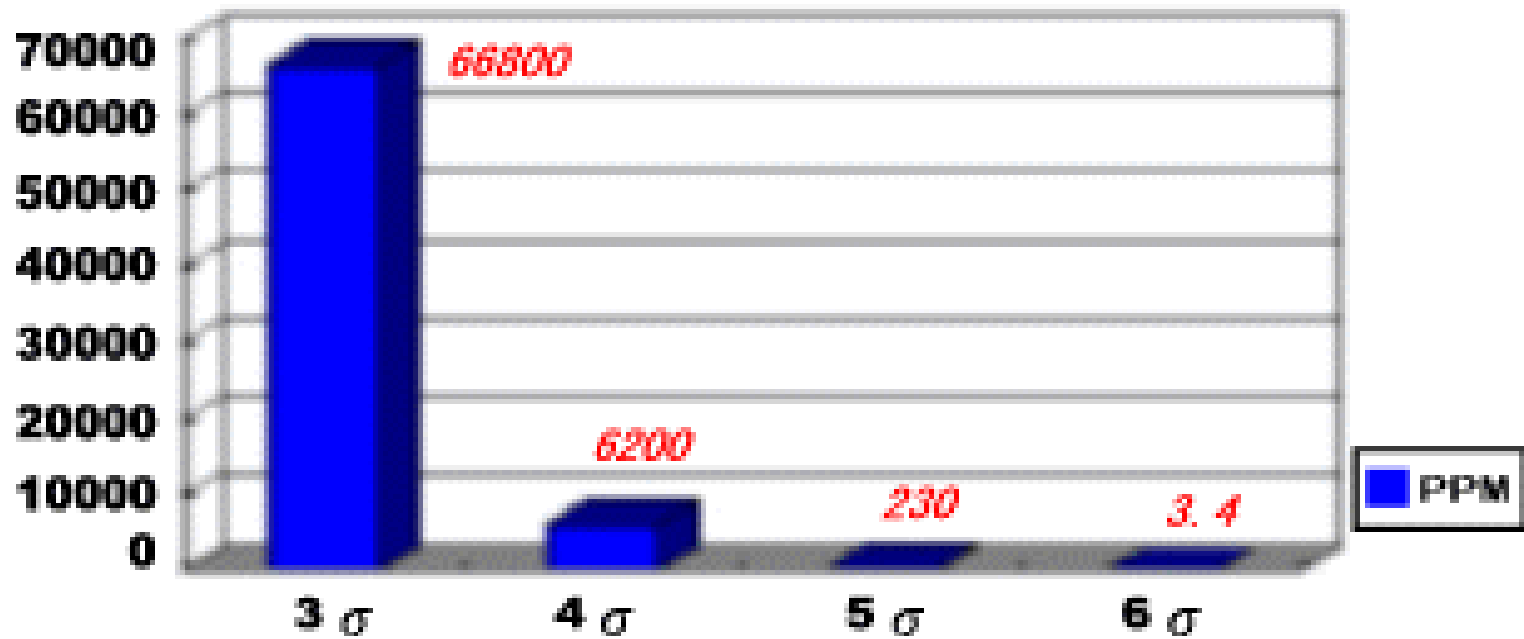
# 6 $\sigma$ 标准--一种管理战略

- ◆ 1  $\sigma$  = 690000次失误/每100万次操作
- ◆ 2  $\sigma$  = 308000次失误/每100万次操作
- ◆ 3  $\sigma$  = 66800次失误/每100万次操作
- ◆ 4  $\sigma$  = 6210次失误/每100万次操作
- ◆ 5  $\sigma$  = 230次失误/每100万次操作
- ◆ 6  $\sigma$  = 3.4次失误/每100万次操作

$\sigma$ 数值越高，失误率就越低

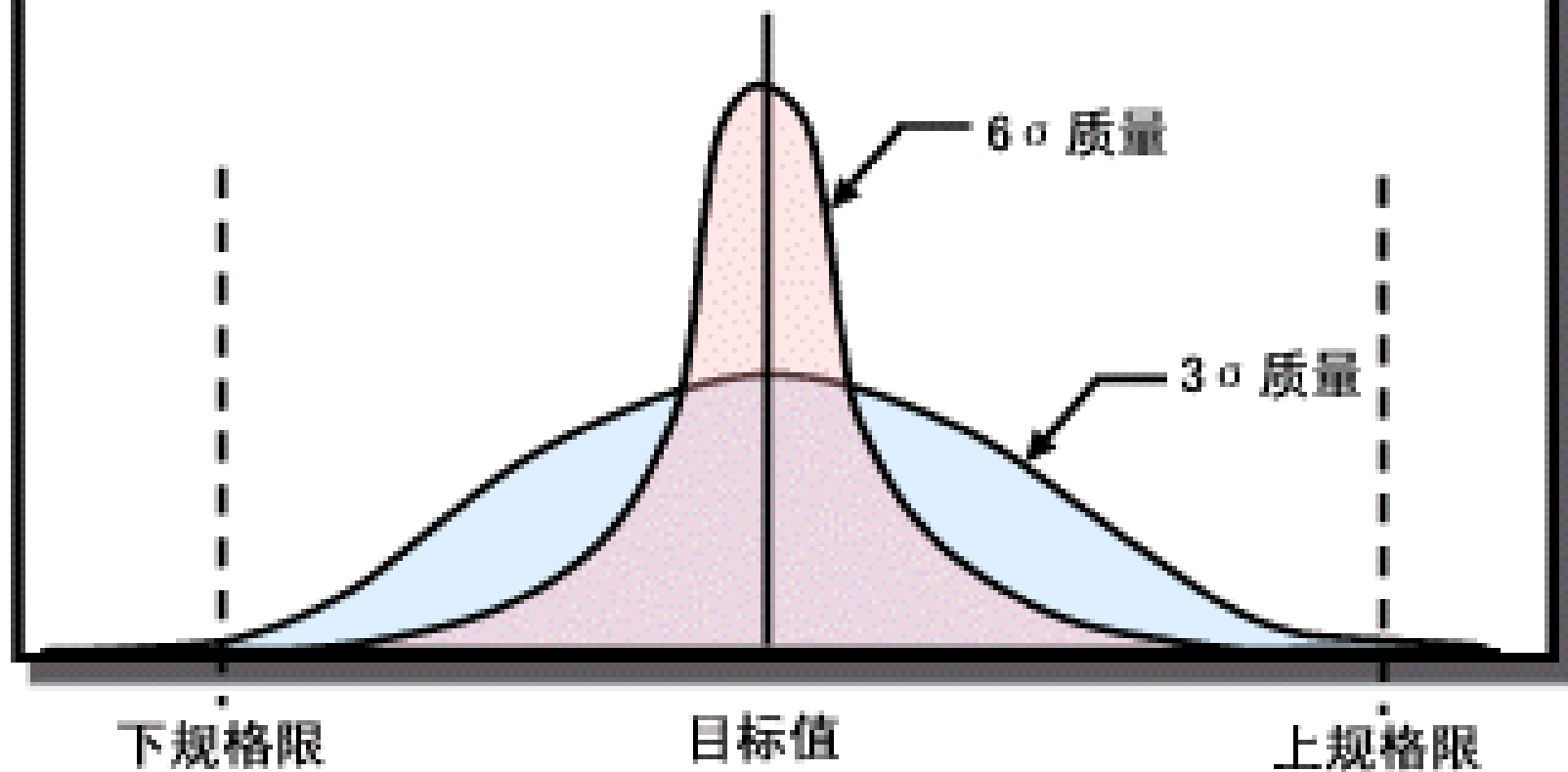
6 $\sigma$  是一项以数据为基础，  
追求几乎完美无暇的质量管理办法

### 6 $\sigma$ 质量——缺陷最低



**6 $\sigma$  逐步发展成为以顾客为主体  
来确定企业战略目标和产品开发设计的标尺，  
追求持续进步的一种质量管理哲学**

### 6 $\sigma$ 质量——减小波动



# 实施6σ战略

## 6σ 的主要原则

- ◆ 真诚关心顾客
- ◆ 根据资料和事实管理
- ◆ 以流程为重
- ◆ 主动管理
- ◆ 协力合作无界限
- ◆ 追求完美，但同时容忍失败

## 经营业绩的改善

- 顾客回头率的提高
- 市场占有率的增加
- 产品缺陷率降低
- 作业周期缩短
- 生产成本降低
- 投资回报率提高
- 产品/服务开发加快



# 全面质量管理

## 质量管理的效应

质量管理的效应是减少或预防出现失误的可能性，并不是一种直接效益。而失误只会带来成本的增加。

## 质量管理的作用

- ◆ 对产品的实现过程和质量树立信心；
- ◆ 为持续的改进提供基础；
- ◆ 增进客户的满意程度；
- ◆ 帮助保持和改进现有的质量管理体系。



# 失效

零件或部件处于下列三种状态之一，就被认为是失效。

1. 当它完全不能工作时；
2. 仍然可以工作，但已不能令人满意地实现预期的功能时；
3. 受到严重损伤不能可靠而安全地继续使用，必须立即从产品或装备拆下来进行修理或更换时。

-- 产品丧失规定的功能称为失效

摘自美国《金属手册》



# 失效的分类

1. 功能失效：导电、导热、导磁等功能下降
2. 过量变形失效：(1) 变形超限 (2) 蠕变 (3) 蠕变压弯
3. 表面损伤失效
  - (1) 卡死 (2) 过载压痕 (3) 擦伤 (4) 剥落
  - (5) { 1) 粘着磨损 2) 磨粒磨损 3) 接触疲劳磨损
  - 4) 腐蚀磨损 5) 冲击磨损 6) 冲蚀磨损
  - (6) { 1) 整体腐蚀 2) 电化学腐蚀 3) 缝隙腐蚀 4) 点蚀
  - 5) 晶间腐蚀 6) 选择腐蚀 7) 生物腐蚀 8) 浸蚀
  - 9) 气蚀 10) 氢损伤 11) 液态金属腐蚀
4. 断裂失效
  - (1) 冲击断裂
  - (2) 疲劳断裂 { 1) 高温疲劳 2) 高频疲劳 3) 低频疲劳
  - 4) 热疲劳 5) 冲击疲劳 6) 腐蚀疲劳
  - (3) 蠕变-疲劳组合断裂
  - (4) 热振 (5) 低温脆断 (6) 室温静载脆断
  - (7) 持久断裂 (8) 应力腐蚀断裂
5. 裂纹失效
  - (1) 使用裂纹 { 1) 冲击裂纹 2) 氢脆裂纹 3) 应力腐蚀裂纹
  - 4) 疲劳裂纹 5) 热龟裂纹
  - (2) 铸造裂纹：1) 铸造热裂纹 2) 铸造冷裂纹 3) 铸造机械裂纹
  - (3) 锻造裂纹 { 1) 毛细裂纹 2) 端部裂纹 3) 加热裂纹
  - 4) 龟裂裂纹 5) 加热不透裂纹 6) 十字裂纹
  - 7) 分模面裂纹 8) 冷却裂纹
  - (4) 焊接裂纹 { 1) 热裂纹 2) 冷裂纹 3) 延迟裂纹
  - 4) 再热裂纹 5) 应变硬化裂纹
  - (5) 热处理裂纹 { 1) 淬火冷却裂纹 2) 淬火加热裂纹
  - 3) 未及时回火裂纹
  - (6) 机加工裂纹：1) 磨削裂纹 2) 振动裂纹

摘自《材料质量检测与分析技术》

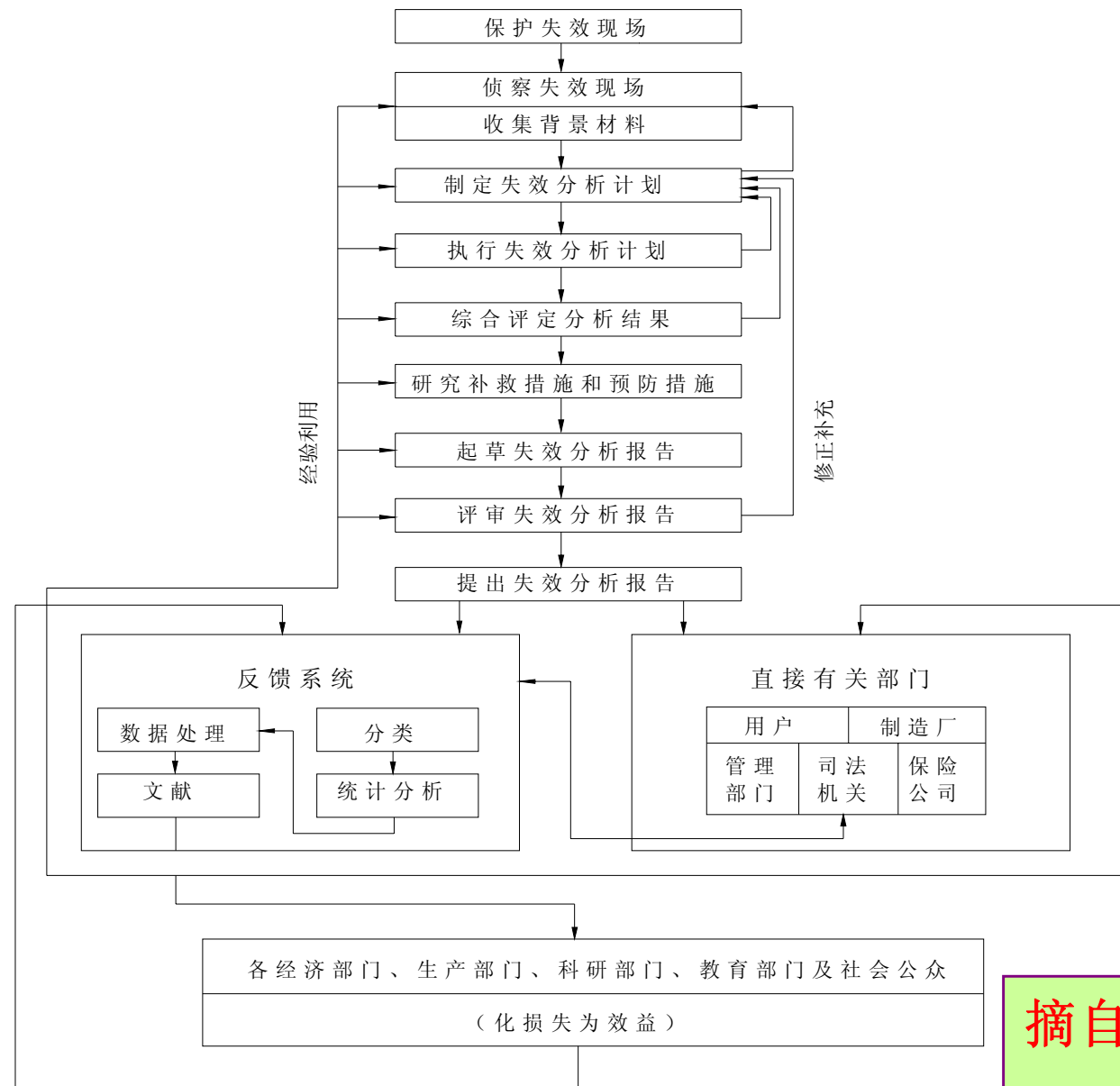
# 失效分析

为研究失效的原因，确定失效的模式或机理，并采取补救或预防措施以防失效再度发生而进行的技术活动和管理活动。

- ◆ 失效分析的结果，不仅是要指出失效的模式、机理，以及导致失效的主要原因，更要求能提出避免同类事故重复发生的措施或对策。
- ◆ 失效分析不光是技术活动，同时（或者某种意义上更重要的）也是一种管理活动，特别是对复杂系统。



# 失效分析工作流程图



摘自《材料质量检测与分析技术》

# 失效分析在社会经济中的作用

- ◆ 通过失效分析，可以提高产品质量，防止失效的重复发生，避免造成进一步的经济损失。
- ◆ 通过大量的失效经验教训，为机械产品的设计、加工、选材、制造、修复提供依据。同时也可以作为修订或制定技术规范，规程，标准，法规的重要依据。
- ◆ 通过失效分析，提出许多针对性很强的预防措施，消除事故隐患，避免重大事故的发生。同时也可以为出现重大事故时应该采取什么样的应急措施提供依据。
- ◆ 仲裁性失效分析，可以为裁决事故责任，开展技术保险业务，为人民法院有关案件的判决，及侦破刑事案件提供可靠的科学依据。
- ◆ 失效分析可为各级领导进行宏观经济和技术决策提供重要的科学的信息。

# 从事失效分析应遵循的原则

- ◆ 实事求是的工作态度，保持公正立场，不受外界影响
- ◆ 有的放矢，根据需要确定分析的深度和范围，从而采取相应的技术路线和分析程序
- ◆ 看问题要全面，避免技术上的局限性
- ◆ 亲临现场调查，掌握第一手资料
- ◆ 制定正确的取样方案
- ◆ 认真制定分析研究程序，善于利用一切检测手段，捕捉失效的信息和证据
- ◆ 做到：分析数据可靠，判断论据充分，报告结论慎重，制定措施可行
- ◆ 集成协作，依靠不同学科背景和不同经验的科技人员共同努力



# 一般采用的分析检测手段

- ◆ 化学分析
- ◆ 宏观（低倍）分析
- ◆ 断口分析
- ◆ 微观组织分析
- ◆ 力学性能试验
- ◆ X-射线应力分析
- ◆ 无损检测



# 失效分析中的标准化支撑

- ◆ 为失效分析工作制定法规和技术标准，使之得到法制的监督和保障，以保持其科学性、公正性和权威性
- ◆ 失效判据的标准化，不同材料标准规定了其不同功能（包括成分、力学性能、组织、表面完整性、品种、规格）
- ◆ 失效分析手段和检测方法的标准化，确保准确发掘和认识失效残骸上的遗留信息，以延伸和补充人类的感觉器官功能
- ◆ 大量的失效经验教训，可以作为修订或制定技术规范，规程，标准，法规的重要依据

# 上材检测-SCT

上海材料研究所检测中心  
机械工业材料质量检测中心  
上海失效分析与安全评估中心  
上海材料研究所标样研究开发部

- ◆ 二十世纪七十年代开始失效分析工作
- ◆ 1994年授权成立上海失效分析与安全评估中心
- ◆ 连续组织过四次“全国机械装备失效分析会议”
- ◆ 开展了重大事故、重大工程建设中的失效分析、进口设备的质量问题与索赔、司法鉴定、质量仲裁、财产保险与安全评估等工作

# 服务资质

## 来自官方



2022量认(国)字(A1012)号

国家计量认证



机检基(1999)18号

机构认可



实验室认可



2004量认(沪)字(20585)号

上海市计量认证



钢结构检测

## 来自民间



GM GP-10



GETS、GEAS



HYSTER



Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation

**APLAC T026**  
**Low Alloy Steel Proficiency Testing Program**  
**(Chemical analyses)**

Interim report

2001-08-31

**THE JAPAN ACCREDITATION BOARD**  
**FOR CONFORMITY ASSESSMENT**

Laboratory Accreditation Division



中国实验室国家认可委员会

**认 可 证 书**  
(No. L1281)

兹证明:

上海材料研究所检测中心  
上海市邯郸路 99 号, 200437

经评审符合 CNAL/AC01: 2005《检测和校准实验室能力认可准则》(等同 ISO/IEC17025: 2005《检测和校准实验室能力的通用要求》)的要求, 予以认可。

获认可的技术能力范围见附件。

发证日期: 2006-04-25

有效期至: 2011-04-24



中国实验室国家认可委员会秘书长  
(主任委员授权签字人)

魏昊

(CNAL经国家认证认可监督管理委员会授权)



# 服务能力

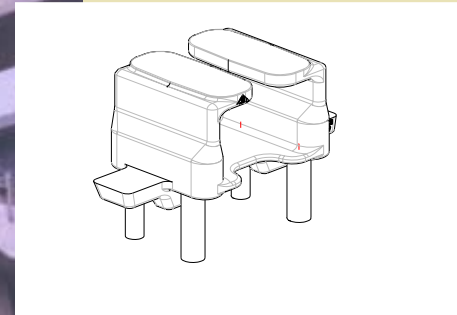
- ◆ 为客户提供日常检测服务
- ◆ 为司法鉴定提供依据
- ◆ 开展质量判定服务
- ◆ 重大工程检测
- ◆ 标准物质研究、生产、销售一条龙服务
- ◆ 理化检测人员技术培训和资格鉴定
- ◆ 实验室体系运行与认可咨询服务

# 服务条件

- ◆ 人力资源：**53名员工**  
(一名院士；正高级**13%**；  
副高级**26%**；中级**28%**)
- ◆ 每年添置**1-2**台大型设备
- ◆ 全面运行**LIMS**系统
- ◆ 实验室环境

# 磁悬浮连接件失效分析

## --试制阶段的失效分析案例



# 某电站涡壳多次补焊组织的检测

## --生产阶段的失效分析案例

- 发电机组涡壳，用高强度调质钢现场焊接拼装
- 部分焊缝区因存在缺陷经多次气刨--补焊修复
- 多次焊接热循环对材料的组织及性能的影响？  
焊接交叉点是否有异常组织？
- 为安全评估工作提供可靠的试验数据



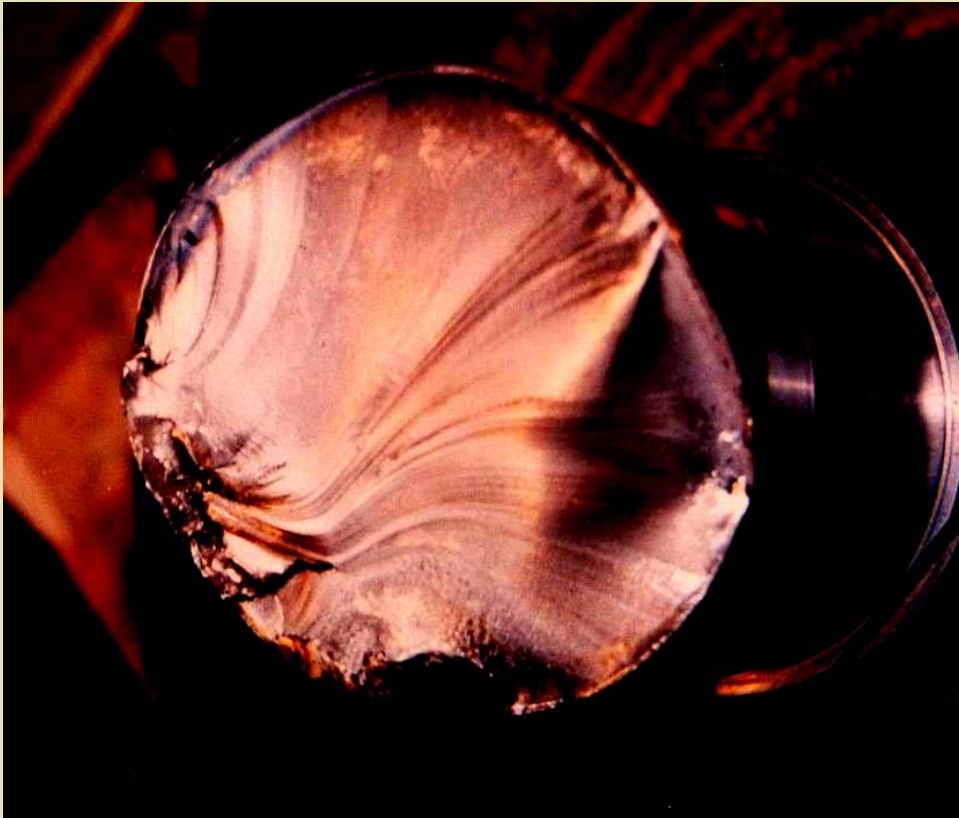


# 船用柴油机主机涡轮增压器轴断裂分析

## --定型产品的失效分析案例

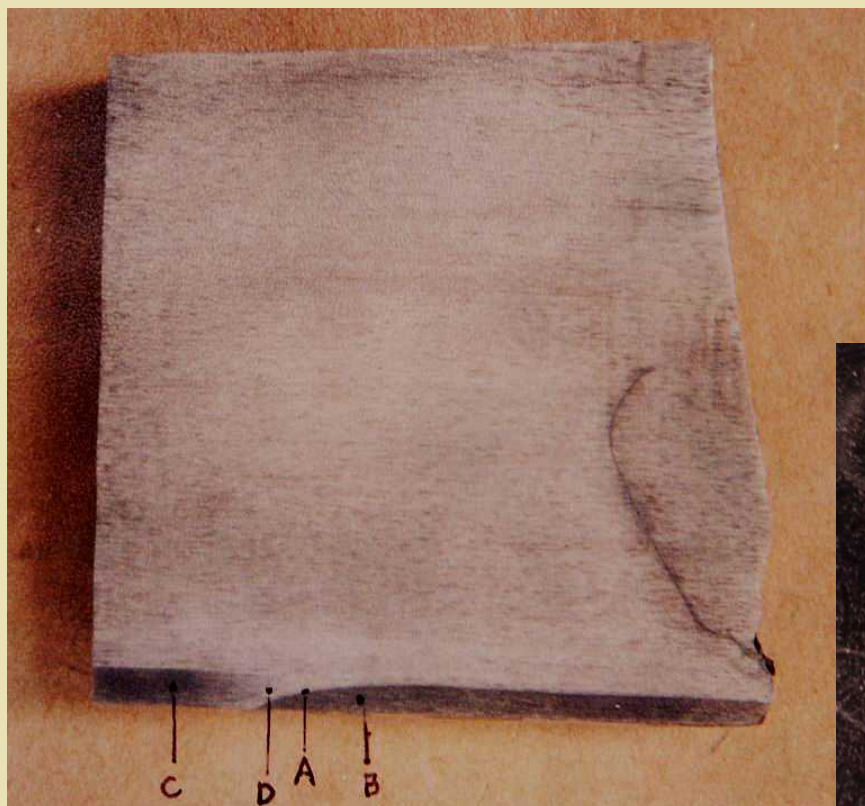
- ◆ 船用柴油机的燃气增压器的转子轴
  - \*材料26NiCrMoV145
  - \*锻造成形，整体调质处理
  - \*轴颈段感应淬火低温回火
  - \*淬硬层厚2~3mm，表面硬度50~54HRC
- ◆ 使用约1.7万小时后于轴颈段发生早期断裂
- ◆ 宏观断口显示断裂具有低应力旋转弯曲疲劳断裂特征

# 转子轴断口宏观照片

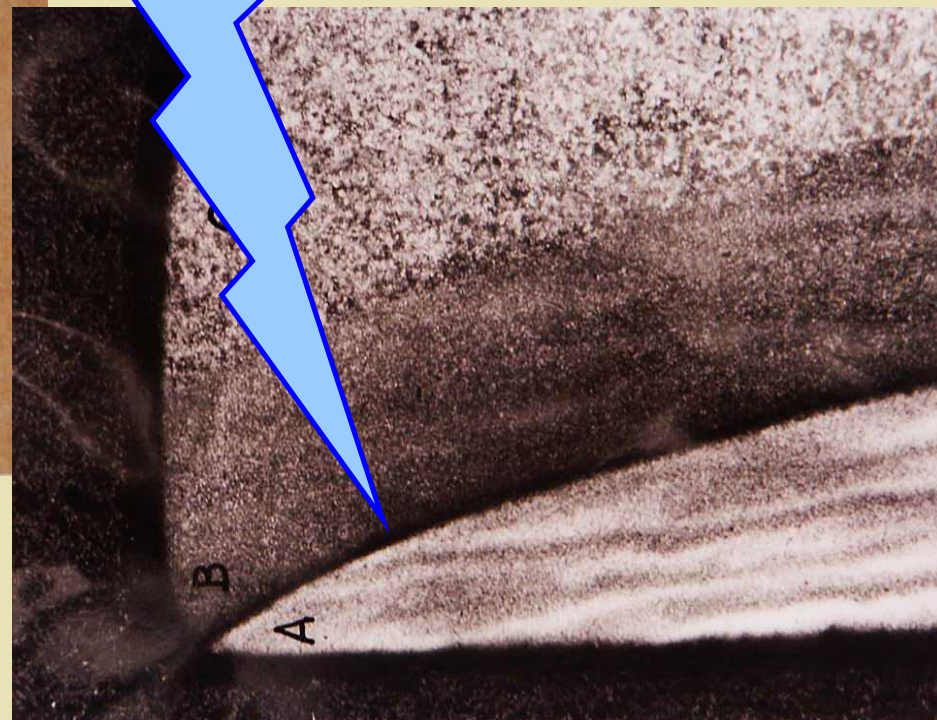




# 转子轴表层的不连续感应硬化层



属于感应热处理缺陷组织



不连续感应硬化层中的屈氏体组织

# 船用柴油机主机涡轮增压器轴断裂分析

## --定型产品的失效分析案例

- ◆ 化学成分、拉伸性能、冲击功等正常
- ◆ 材料心部的显微组织正常
- ◆ 断口裂源处发现轴颈的表面感应淬火层不连续，局部表面有屈氏体等组织，属于

**感应热处理缺陷组织**

- ◆ 表面感应处理
  - \*提高耐磨性
  - \*提高疲劳裂纹萌生抗力
- ◆ 不连续的表面感应层为疲劳裂纹萌生提供条件，导致了转子轴的早期疲劳断裂

**\* 产品制造缺陷 \***



多谢垂听

*Thank You  
for Your  
Attention  
and  
Patience*

