



## 案例分析



### 案例一 制造工艺导致的失效-尿塔爆炸

尿素合成塔 直径1400mm，厚度110mm，主体材料16MnR,15MnVR，内衬耐腐不锈钢。重量115T，高26.2m十个筒节。设计压力21.57MPa，温度195度。塔体爆炸成为三段



尿素合成塔爆破后，飞出约300米的塔体变形照片



## 案例一 制造工艺导致的失效-尿塔爆炸

失效模式

塔体材料（包括焊缝）应力腐蚀开裂

塔体承载截面积严重下降(尤其爆炸筒节处环焊缝上侧)

快速断裂；塔内介质迅速泄漏

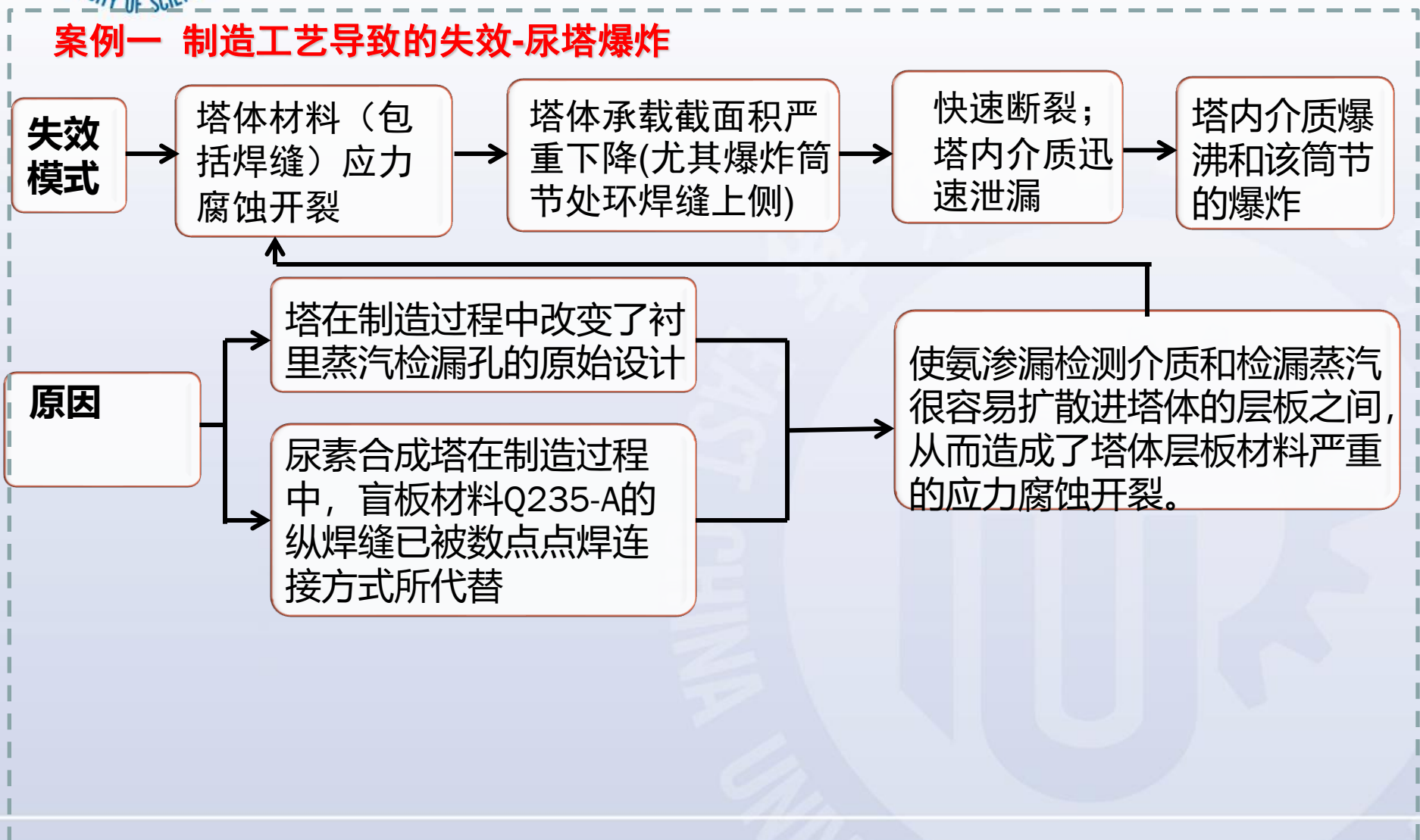
塔内介质爆沸和该筒节的爆炸

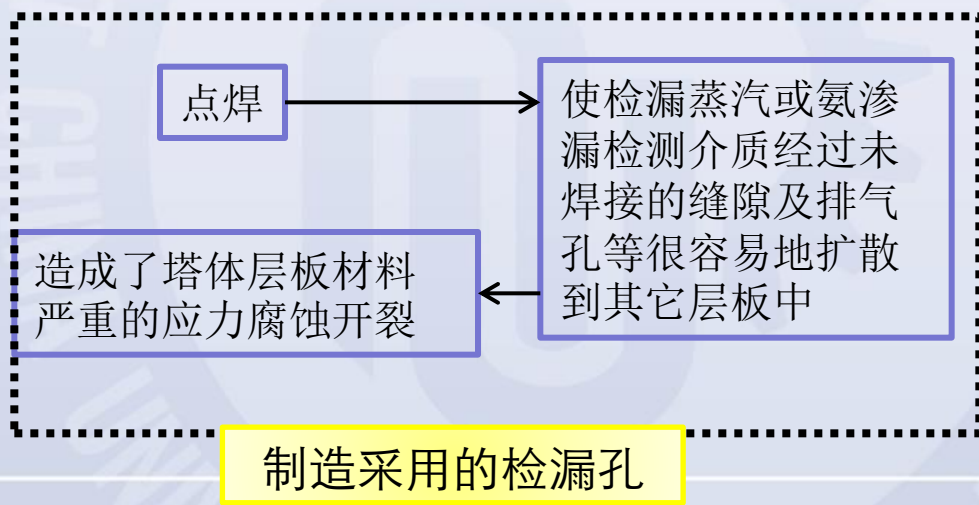
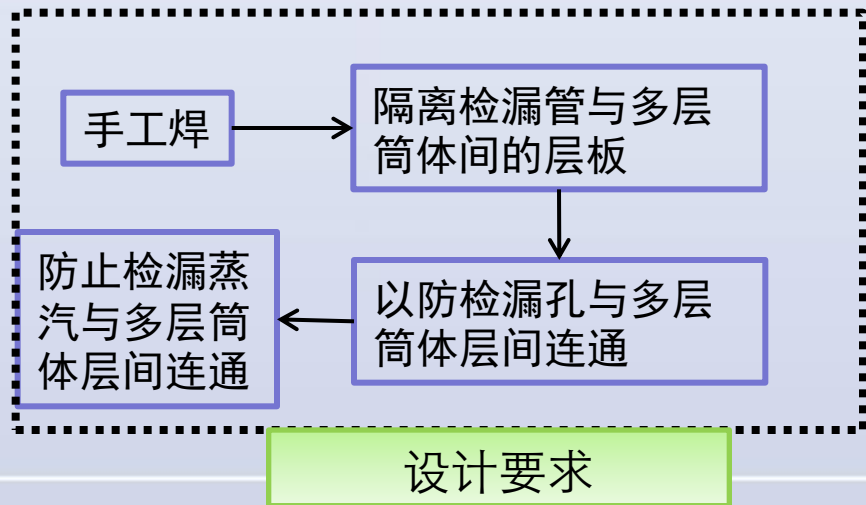
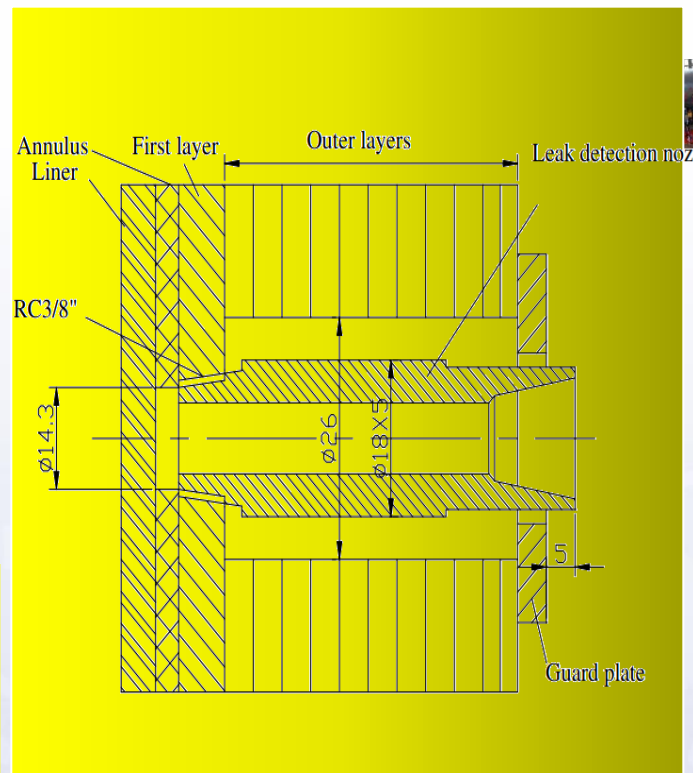
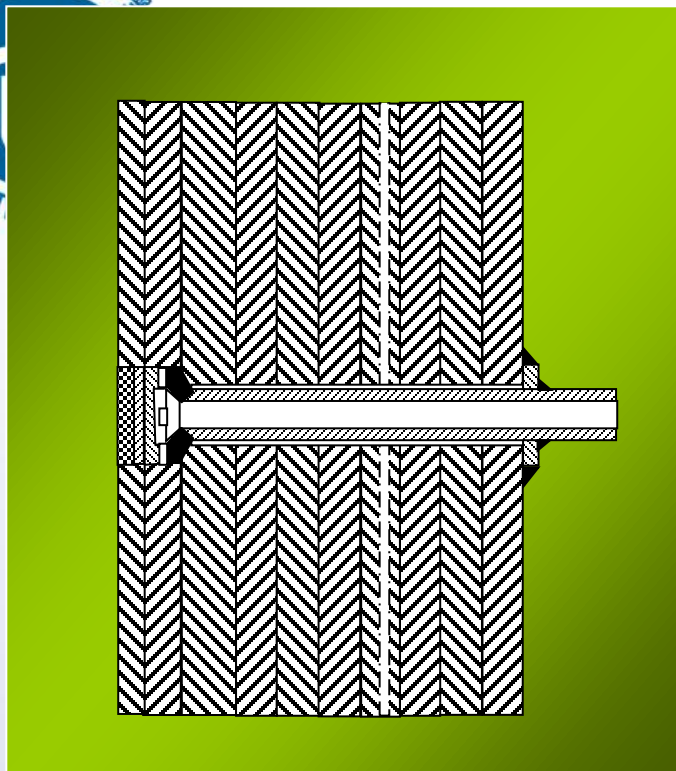
原因

塔在制造过程中改变了衬里蒸汽检漏孔的原始设计

尿素合成塔在制造过程中，盲板材料Q235-A的纵焊缝已被数点点焊连接方式所代替

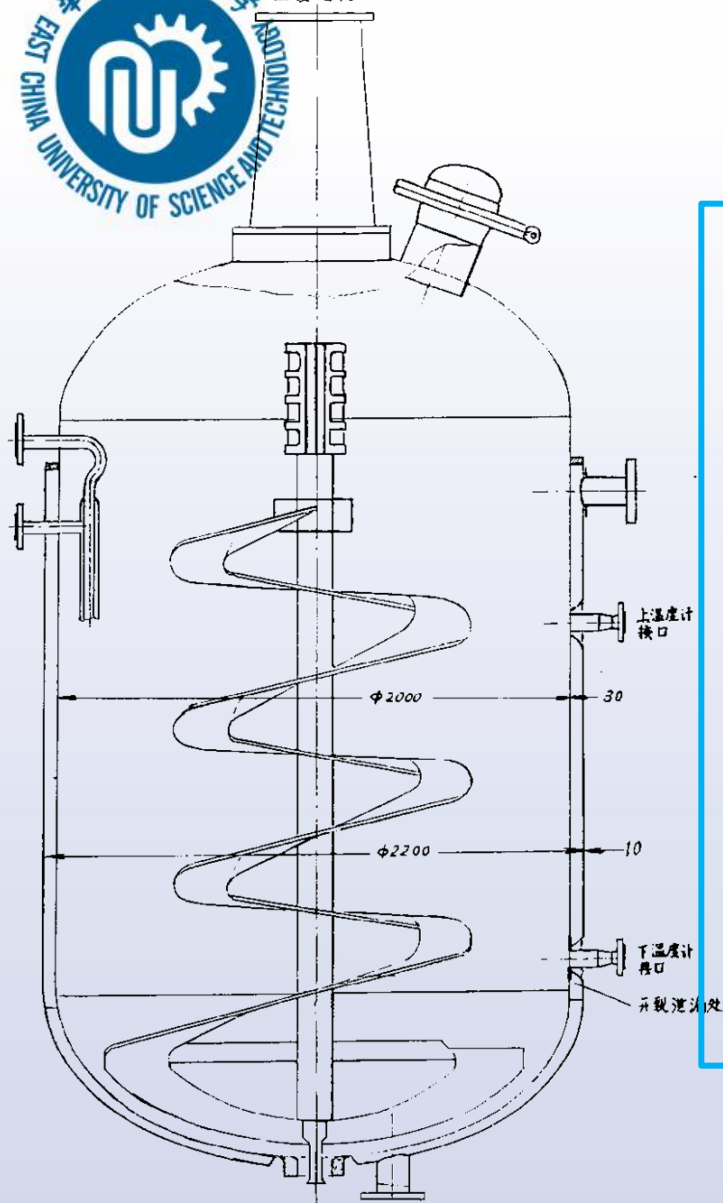
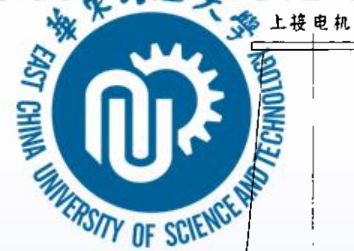
使氨渗漏检测介质和检漏蒸汽很容易扩散进塔体的层板之间，从而造成了塔体层板材料严重的应力腐蚀开裂。







## 案例二 设计考虑不周导致的疲劳失效



聚丙烯聚合釜

釜体材质：16MnR

夹套尺寸： $\Phi 2200 \times 10\text{mm}$ ，

夹套材质：16MnR

釜内设计压力：4MPa

釜内设计温度：96°C

釜内焊缝系数：1.0

夹套设计压力：0.6MPa

夹套设计温度：110°C（设计改为90°C）

夹套焊缝系数：0.9

釜内介质：丙稀（液相）、聚丙烯（腐蚀裕度3mm）

夹套介质：冷水、热水

图 1.1 聚合釜结构简图

# 案例二 设计考虑不周导致的疲劳失效

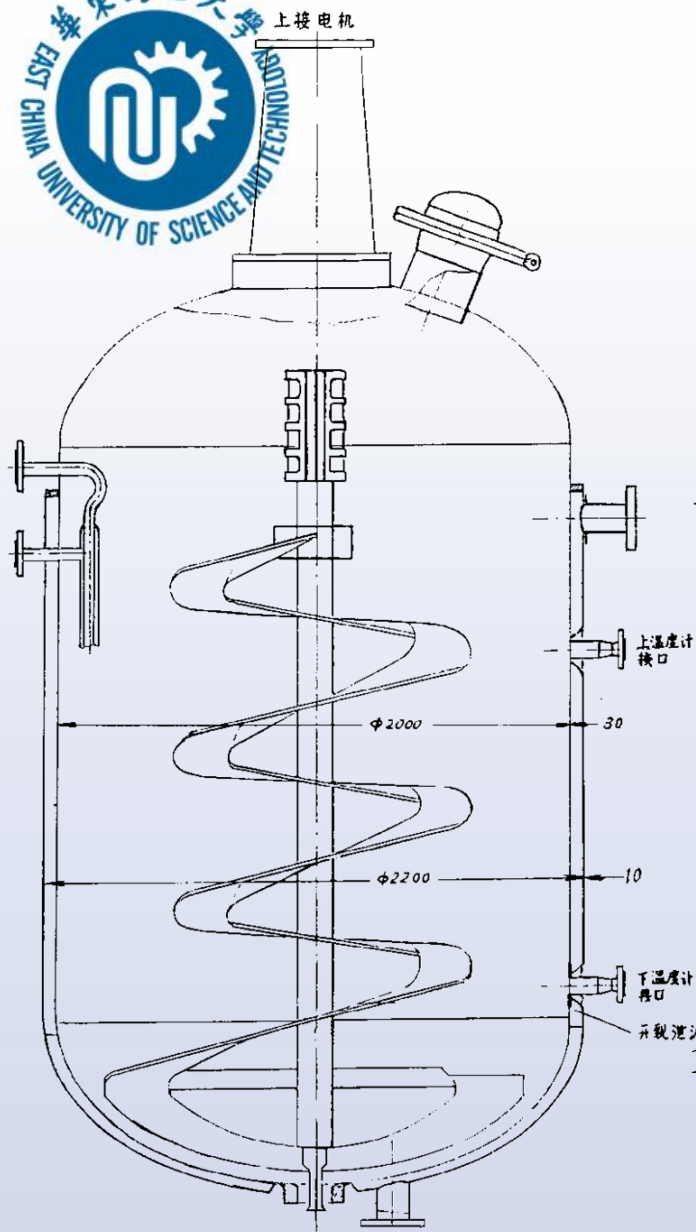
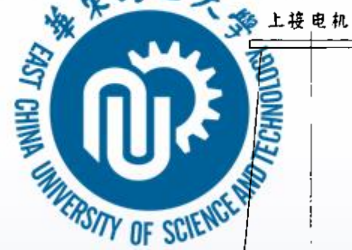
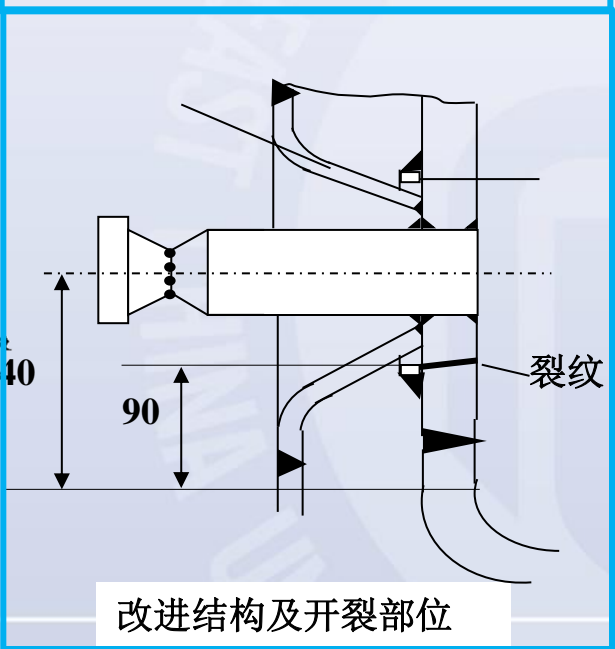
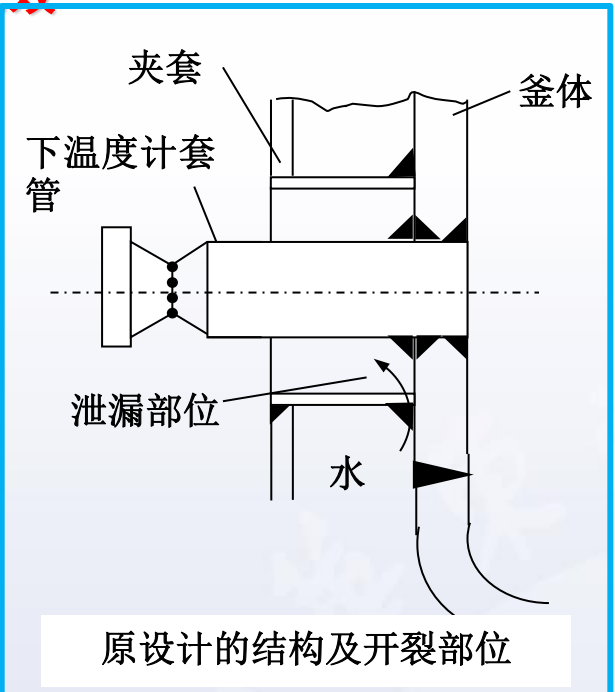
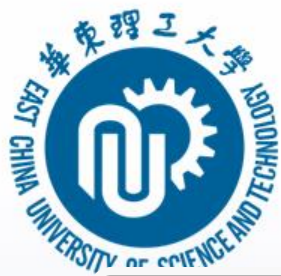


图 1.1 聚合釜结构简图



(a) 将送检试样在裂纹两端钻孔后即掉下一块，漏出裂纹的断口。钻孔处并非裂纹的尖端



# 失效模式——疲劳开裂

疲劳成因

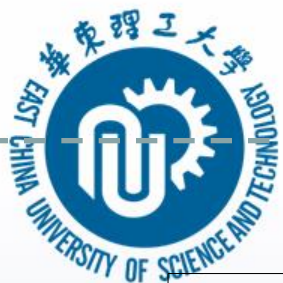
**交变应力**

反应釜工作时每天有6次加压-卸压、升温-降温 结构产生交变的拉-压应力

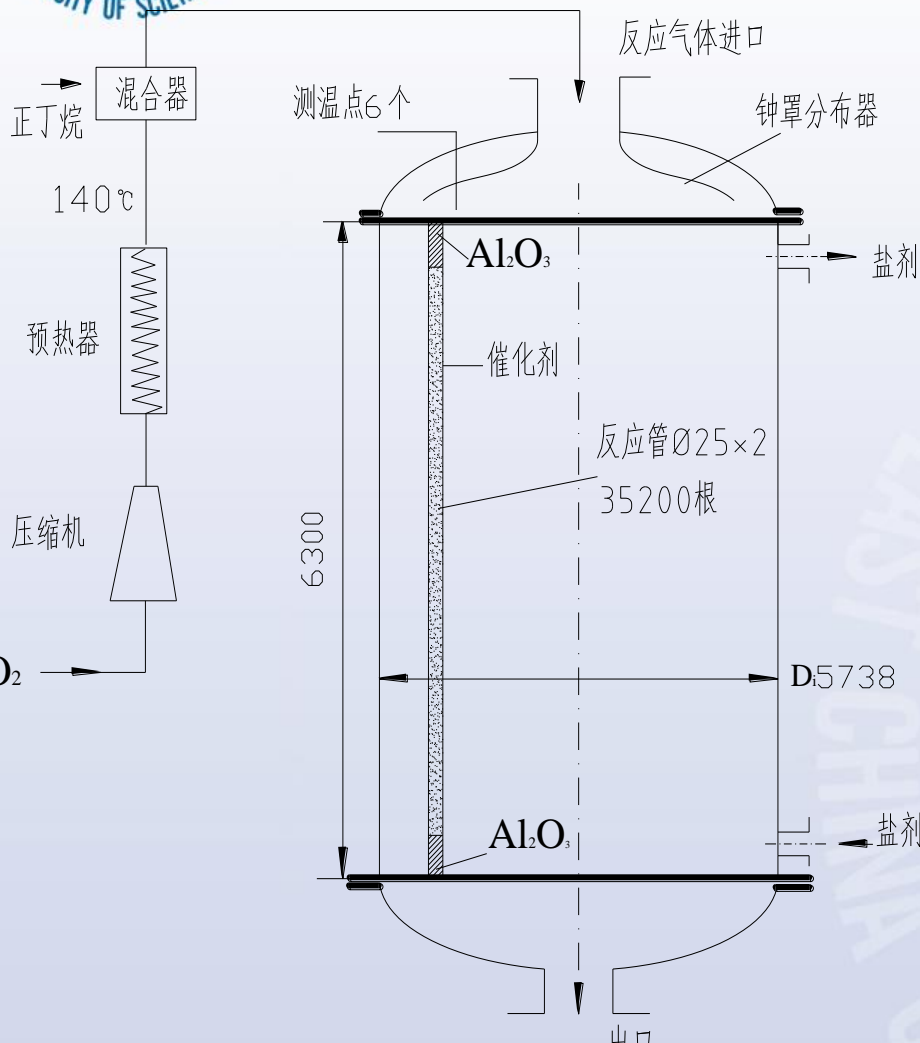
**应力集中**

结构总体不连续形成边缘应力  
结构局部不连续造成的应力集中





### 案例三 设计不周导致四氢呋喃装置管壳式反应器超温

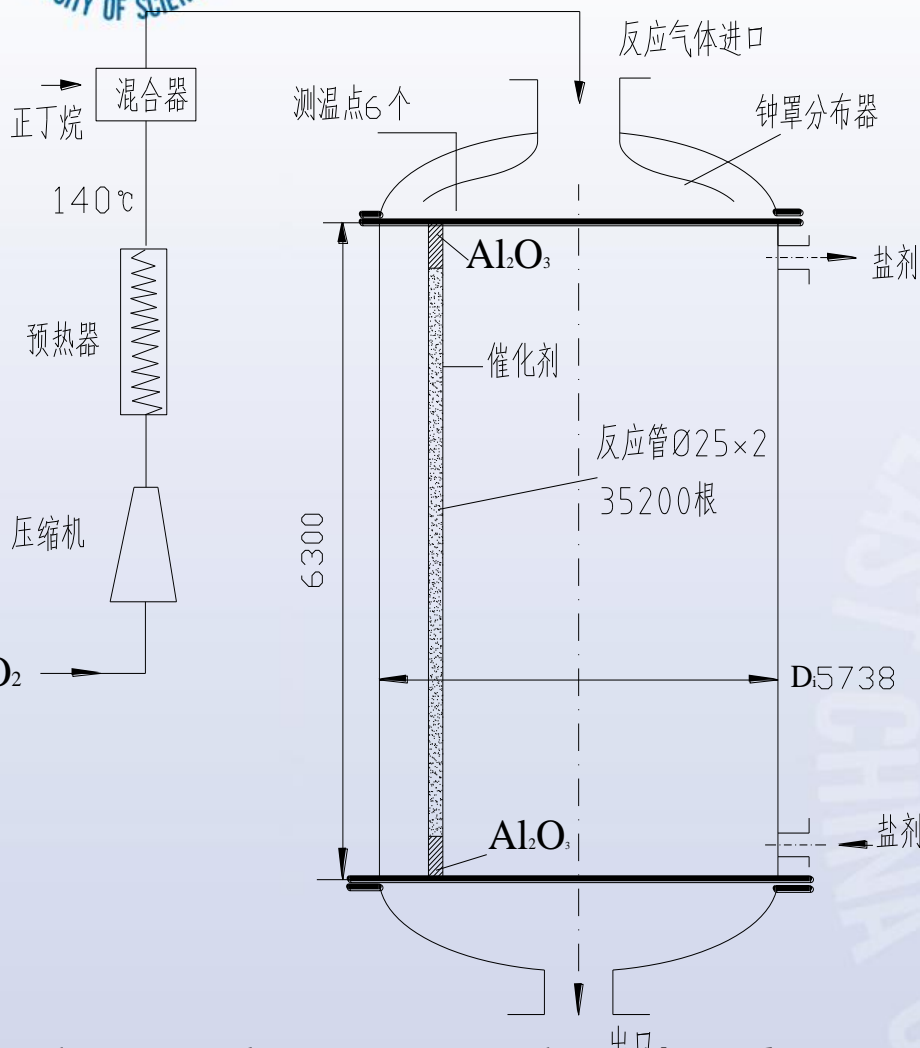


反应器的工艺流程（局部）和反应器的结构示意图

一台巨大的四氢呋喃装置管壳式反应器，检修后经清洗再正常投料重新开车不久便发生连锁停车。从记录仪显示，不正常到执行停运间隔时间为18分钟。

该反应器系一台列管式固定床反应器，反应器主体的气流圆筒内径为 $\phi 5738\text{mm}$ ，列管为 $\phi 25 \times 2\text{mm}$ 的无缝管，共计35200根，上下管板之间的高度间距为6300mm。反应器的上、下封头为椭圆形封头，上封头的顶部中央为反应气体的进口总管，通入上封头后经扁形钟罩式分布器便进入数万根反应管。管内均填充有催化剂，上、下端均由颗粒状的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 支撑住催化剂。放热反应正常反应400度，超过450度报警。

### 案例三 设计不周导致四氢呋喃装置管壳式反应器超温



冷却剂盐是在管间（壳程）由下至上流动

盐的  
泄漏

管子已  
破裂

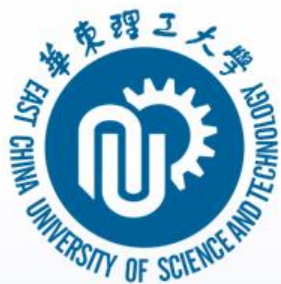
事故后发现，在反应器的内壁出现了盐

床层的流体阻力加大，反应气体流通时的压降 $\Delta P$ 会增大。

压降实测，发现总共有1500根管子的 $\Delta P$ 值不正常增大，说明这1500根管子均已发生过漏盐，均应予以抽除。

对上下管板1500根管子抽出后进行了外观检查和磁粉检测，发现有许多已被超温引起的熔洞，但在管子的对接焊缝处未见有洞或裂纹。管子表面局部色深，也是严重超温的迹象。反应管的内壁与外壁均未发现明显介质腐蚀现象，厚壁也未发现明显的可检测出的减薄。

反应器的工艺流程（局部）和反应器的结构示意图



## 事故的基本原因

反应管内气体流量分布不均，部分管子反应气体通量偏大，反应热释放偏多，而又无法及时得到足够冷却，因而温度上升，直至温度升高到使管子壁温局部高达低碳钢的熔点（约1500℃）而出现熔洞。

管子出现熔洞后，管间的熔流进管内，必堵塞管内催化剂颗粒间的空隙，从而使管内气体流通的阻力（ $\Delta P$ ）增大。

局部管子被堵会导致整个反应器所有管子气体流动分布，流速过大通量过高的反应管又会升过高而再被烧熔，造成更进一步的严重后果。

## 安全保障措施

将原设计的测温点由6个增加到180个。平均每个测温点监管的反应管由3867个减少到196根，并保留2个测温点超温即报警。该措施采用后又运行了约7年未再发生问题。

在反应管内填充催化剂时 $\Delta P$ 除 $\leq 50\text{mbar}$ 外，其 $\Delta P$ 的下限值，颗粒直径的精度也应严控。