



# 第五届中国液化天然气大会

## The Fifth China LNG Conference

### 用设计师的视角看液氨低温罐





# 液氨/氨气储罐设计情况说明

- 液氨与液化天然气的对比
- 目前的储罐设计规范
- 设计规范所要求的储罐完整性等级
- 需要考虑的包容概念问题
- 客户要求
- 最高的完整性要求
- 未来的设计





# 液氨与液化天然气对比

特性/条件	液化天然气	液氨/氨气
典型设计温度	-165°C	-35°C
比重	0.487	0.682
标准储存压力	<350毫巴	<200毫巴
蒸发热	510 kJ/kg	1367kJ/kg
可燃性	在空气中体积占比约为5-15%	在空气中体积占比约为15- 28% 高燃点能源
水压试验液位（规范规定）	降液位水压试验	满液位水压试验
毒性	无毒	吸入时有剧毒
不能共存的材料		氧化剂、铜和黄铜、聚氨酯泡沫
特别注意的问题		可能出现应力腐蚀裂纹（SCC）*

\*应力腐蚀裂纹（SCC）是金属在应力和腐蚀环境的共同作用下可能发生的现象。液氨在有氧环境下可能会导致碳钢出现应力腐蚀裂纹（SCC）。



# 目前的储罐设计规范

## 液化天然气

- 设施规范：EN 1473
- 设计规范：EN 14620、API 620 附录Q、GB/T 26978
  - 设计规范中对内罐厚度有限制要求
  - 使用超过50mm上限要求的IV型钢材（EN 14620）需要额外进行材料研究论证

## 液氨

- 设施规范：目前没有
- 设计规范：EN 14620、API 620附录R
  - 没有对SCC及其他特殊材料进行特别要求
  - 使用超过40mm上限要求的I、II、III型钢材（EN 14620）需要额外进行材料调查
- 中国的规范只涉及安全方面：DB 37/T 1914-2011、DB11/T 1014-2021和DB41/866-2013
- 有效使用期内的检查要求（主要是由于SCC现象）；行业指南，如：工程设备和材料用户协会（EEMUA）标准、CIA标准、欧洲肥料制造商协会（EFMA）标准
  - 在欧洲，行业指南要求设备在投入使用的前6年内完成首次检查。

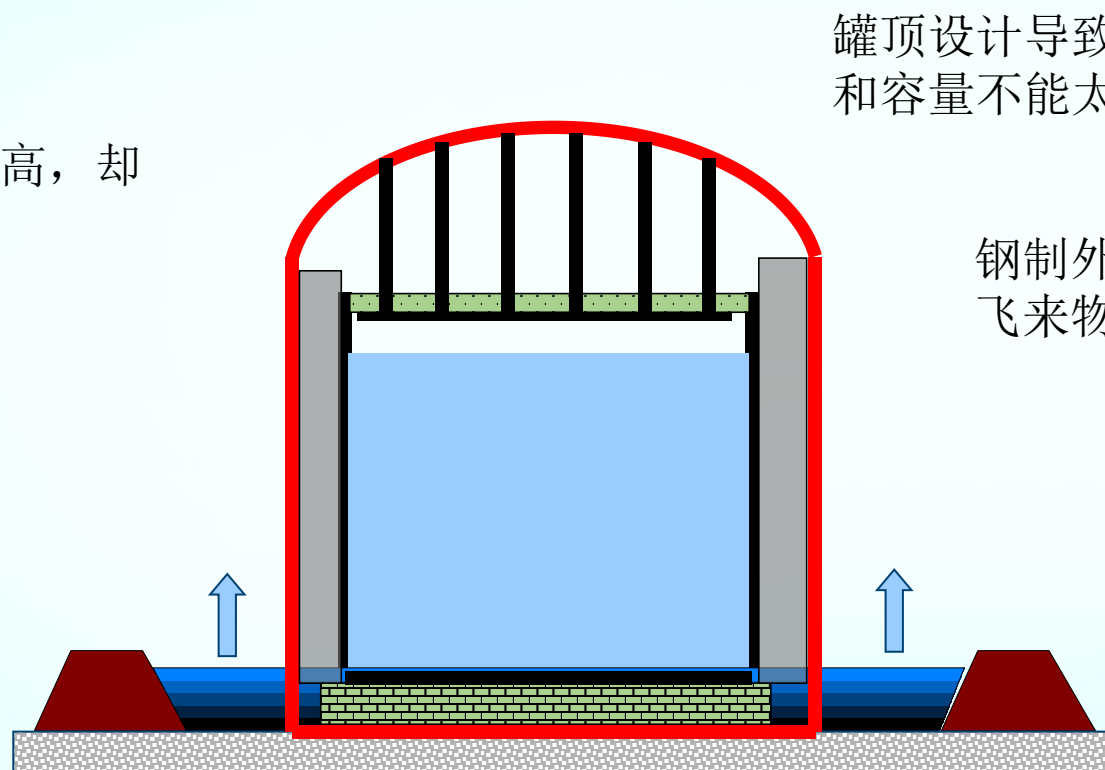


# 设计规范所要求的储罐完整性等级

## 单容罐

珍珠岩绝热效果较好高，却难以完全置换完氨气

发生泄露时无法控制有毒氨气的释放



罐顶设计导致罐体直径和容量不能太大

钢制外壳 - 防爆炸压力波和飞来物撞击能力较差

需要加设围堰（防火堤）

法规/量化风险评估报告可能会禁止该设计理念



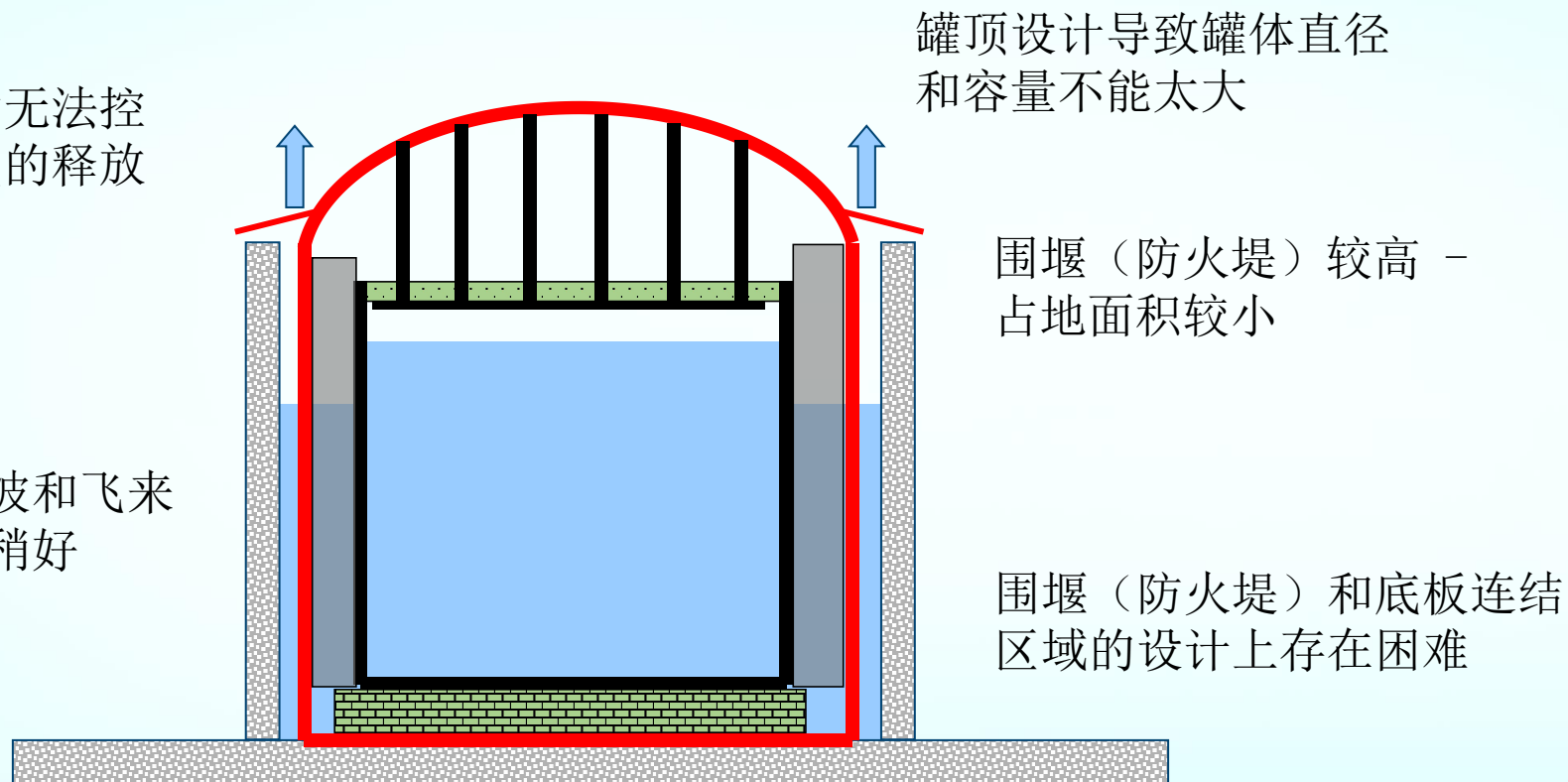


# 设计规范所要求的储罐完整性等级

## 双容罐

发生泄露时无法控制有毒氨气的释放

防爆炸压力波和飞来物撞击能力稍好



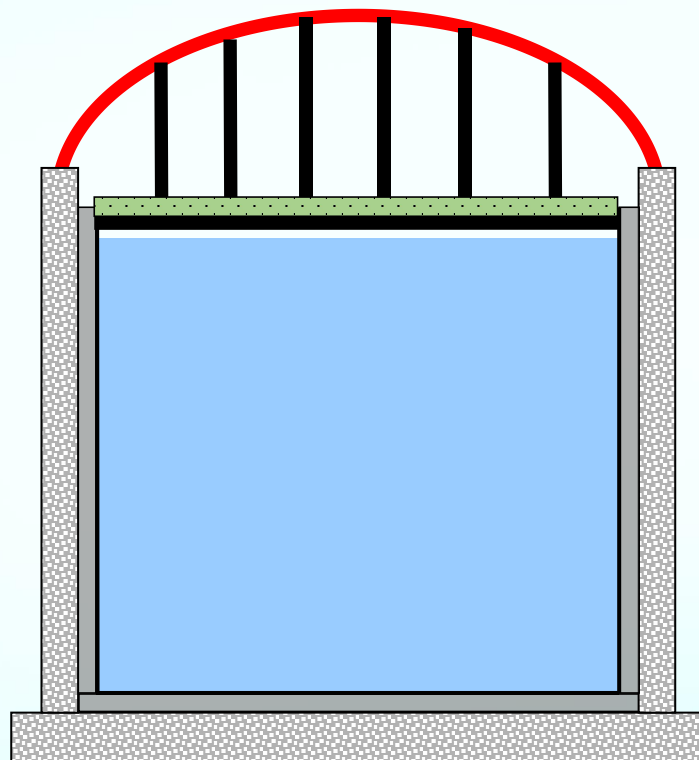


# 设计规范所要求的储罐完整性等级

## 薄膜型储罐

和混凝土外罐型全包容储罐相当的安全水准等级

目前这种储罐的建造和运行经验有限



事实证明，当单容罐失灵时隔热系统无法与 $\text{NH}_3$ 兼容。目前正在研发中。

储罐建设的容积可能大一些

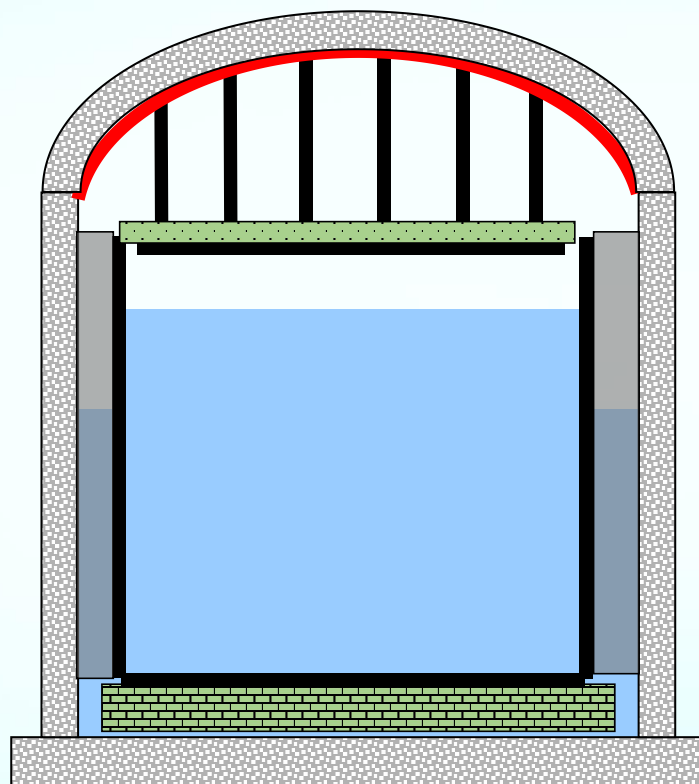


# 设计规范所要求的储罐完整性等级

## 全容罐 - 钢制内罐/混凝土外罐

内罐失灵会影响珍珠岩隔热层  
- 导致蒸发率/正压安全阀过量  
释放

不能轻易把珍珠岩等绝热  
材料移除，不便检查内罐  
外表面



珍珠岩绝热设计标准过高

内部的聚氨酯泡沫可能在  
氨环境中退化

防爆防撞能力较好



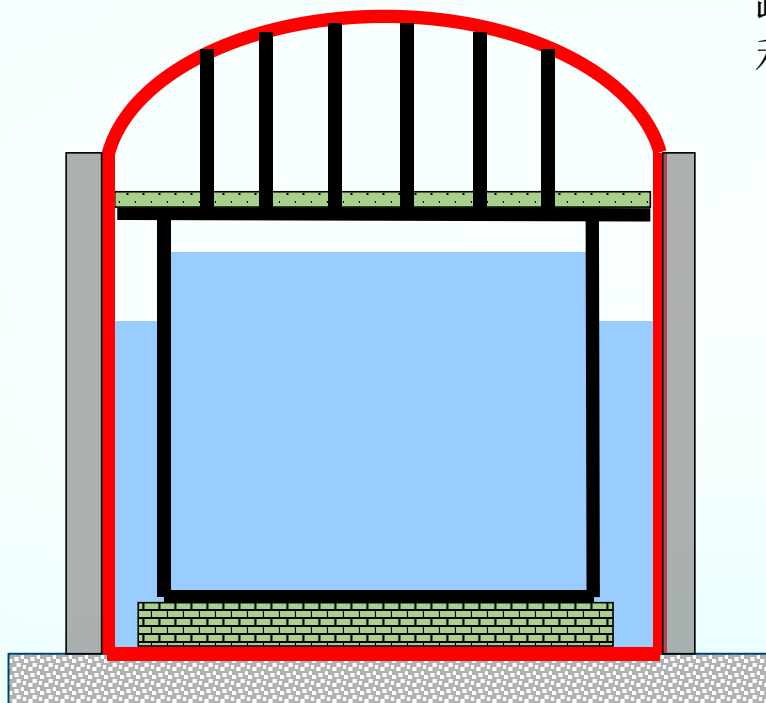


# 设计规范所要求的储罐完整性等级

## 全容罐 - 钢制内罐/钢制外罐

相比混凝土外罐来说，钢外罐施工成本更低建设的更快

可使用罐外绝热材料



罐顶设计导致罐体直径和容量不能太大

最常用于液氨储存



# 需要考虑的存储概念问题——完整性等级

每种方案都可行，但都不是最佳方案。

- 单容罐/双容罐：罐体泄漏时无法控制有毒氨气的释放，因此，无法设置在人口密集区。
- 钢制内罐/钢制外罐方案中可在底部设置出液口。
  - 可能降低造价，但技术风险更高



# 需要考虑的存储概念问题 —— 隔热性能

- 罐壁绝热

- 珍珠岩绝热层 – 绝热设计标准过高，难以置换或移除，不便于内罐检查。
- 内部聚氨酯泡沫绝热层 – 可能在氨环境中退化，无法与液氨或氨气共存。
- 储罐外侧绝热 – 与绝热材料接触材料的腐蚀 (CUI, Corrosion Under Insulation )



# 需要考虑的储存概念问题 —— 外罐

- 钢制外罐
  - 罐外部设置绝热层
  - 相比钢筋混凝土外罐防爆防撞能力稍低
    - 钢制外罐具备一定的防爆炸压力波和飞来物撞击能力，但设计运算复杂，需要掌握弹道冲击知识。
- 混凝土外罐
  - 防爆炸压力波和飞来物撞击能力较好
  - 主要担心珍珠岩或内部聚氨酯泡沫绝热理念的问题



# 客户要求：典型液氨储罐与典型LNG储罐的技术对比

项目	液化天然气	液氨
所要求的完整性等级	全容罐 - 混凝土外罐/钢制内罐	全容罐 – 钢制外罐/钢制内罐
内罐材质	9%镍钢	低温碳钢
内罐腐蚀裕度	通常为0	1-3 mm
外罐	混凝土	低温碳钢或混凝土*
蒸汽密封层材质	碳钢	低温碳钢或碳钢
悬挂式吊板和吊架材质	铝和不锈钢	低温碳钢和不锈钢/低温碳钢
罐底隔热层材质	泡沫玻璃	泡沫玻璃
罐壁绝热层材质	珍珠岩	外层聚氨酯泡沫或内层珍珠岩**
悬挂式吊板隔热层	玻璃纤维层	玻璃纤维层
出口接管隔热层材质	PIR***或玻璃纤维	玻璃纤维
内部液体接管材质	不锈钢	低温碳钢或不锈钢

\*目前不常用

\*\*不是首选方案

\*\*\*无法与液氨/氨气共存

第五届中国液化天然气大会  
The Fifth China LNG Conference



# 液氨储罐完整性要求较高

- 全包容罐
- 适当的防爆炸压力波能力
- 足够的爆炸飞来物撞击能力
- 与绝热材料兼容
- 可进行定期检查
- 量化风险评价的特殊要求？





# 未来的设计——规范和标准

- EN 14620修订工作正在进行
  - 委员会正在更新EN14620-2
  - EN14620-7中新增液氨储罐特殊要求（目前正在提案阶段）
  - 限制或降低液氨储罐材料的强度
  - 上述变更是否会纳入中国未来的规范和标准中？



# 未来的设计——解决方案

- 增加钢制内罐的厚度
  - 用于扩大容积
  - 目前正在研究厚板性能的稳定性
- 提高钢制外罐的防爆防撞能力
  - 目前正在研究
- 提高材料与氨的兼容性
  - 目前正在研究



谢谢！