

ANSYS



仿真
新时代

2017 ANSYS用户技术大会

中国·烟台

翅片式绕管换热器在低温下纯化性能研究

冯国超 / 在读博士生

中国科学院理化技术研究所

主要内容

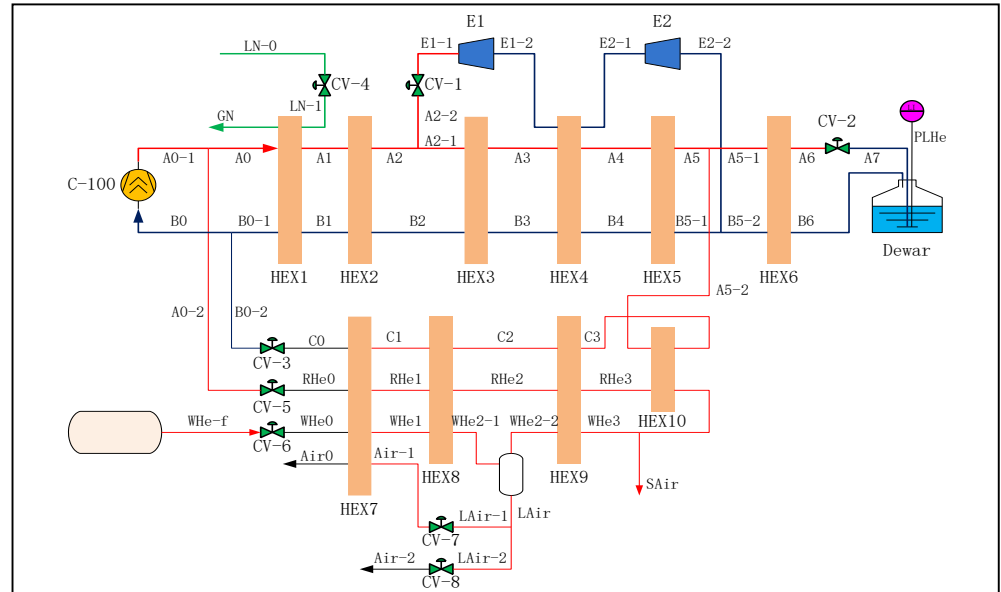
- **一、背景介绍**
- **二、实验台的搭建**
- **三、仿真模型的建立**
- **四、仿真结果分析**
- **五、结论**

一、背景介绍

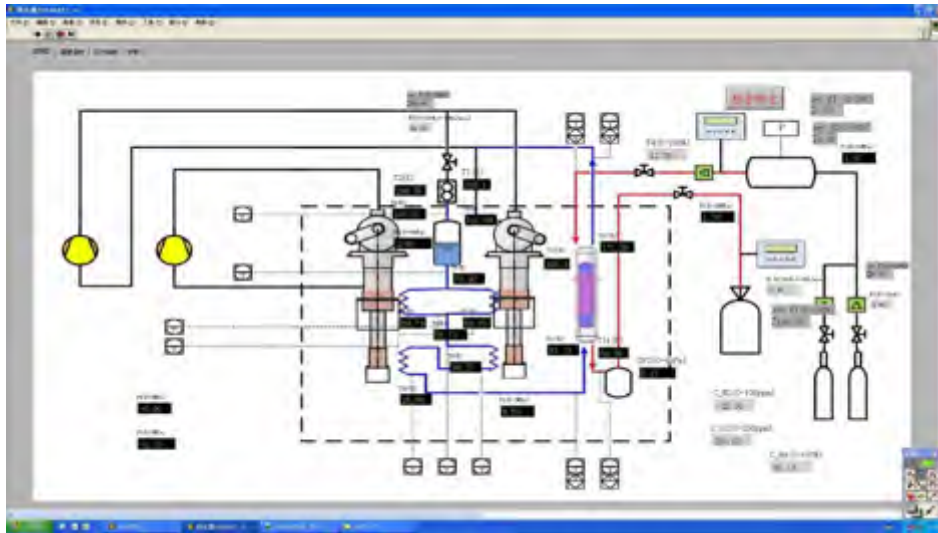
- **大科学工程的建设能力标志着一个国家核心的、原始创新能力，是国家综合竞争力的体现。当前，国际合作大科学工程中的50%以上、美国28项中长期大科学工程中80%，我国大科学装置中的60%以上都是必须使用大型低温液化/制冷装备。**



氦气制冷/液化系统

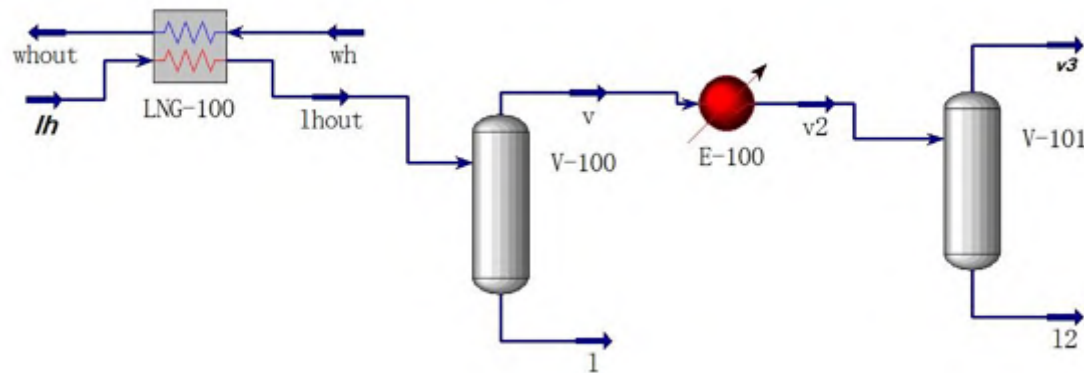


二、实验台的搭建



三、仿真模型的建立

- 首先，用流程软件**ASPEN HYSYS**对整个纯化流程进行模拟。得出绕管换热器进出口温度。



仿真条件

- 本项目对下图绕管式换热器内的换热过程进行仿真模拟。
- 管内流体为冷源氦气流，进口温度为40 K，质量流量为 0.36 g/s ；
- 管外侧污氦气流的组分，组分为70%氦气+30%氮气，其质量流量为 0.48 g/s 。
- 管内侧压力为 7 bara ，管外压力为 150 bara ，主要分析管道外侧，当考虑污氦气中氮气成分在管外侧凝结的现象时，管外侧温度和组分浓度分布。



仿真难点分析

- **几何难点**：在换热管上 有两千多个换热翅片 加大了几何建模和网格划分的难度
- **操作条件**：换热管内外两侧压力差值大，增加计算难点
- **物性参数**：计算过程中，物性参数随温度压力变化大，使得计算不稳定
- **物理过程**：换热、多组分、多相、相变

仿真策略

- 计算分为三部分
- (1) 换热管道内部流动换热计算
- (2) 换热管道外部流动换热计算
- (3) 激活欧拉液膜模型，计算在换热管上液膜的形成

换热器仿真分析流程

- **步骤一：模型简化 SCDM**
- **步骤二：网格划分 FluentMeshing**
- **步骤三：物理问题求解设置 Fluent**
- **步骤四：求解Fluent**
- **步骤五：结果后处理 CFD-POST**

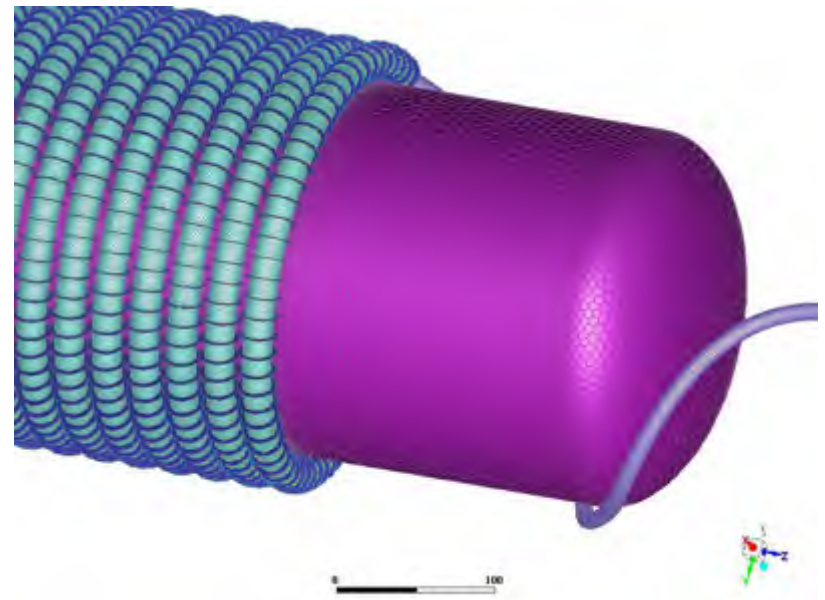
几何模型

- **建模软件：ANSYS SpaceClaim直接建模软件**
- **修补几何模型**
- **抽取流体域**
- **阵列法创建翅片**



网格划分

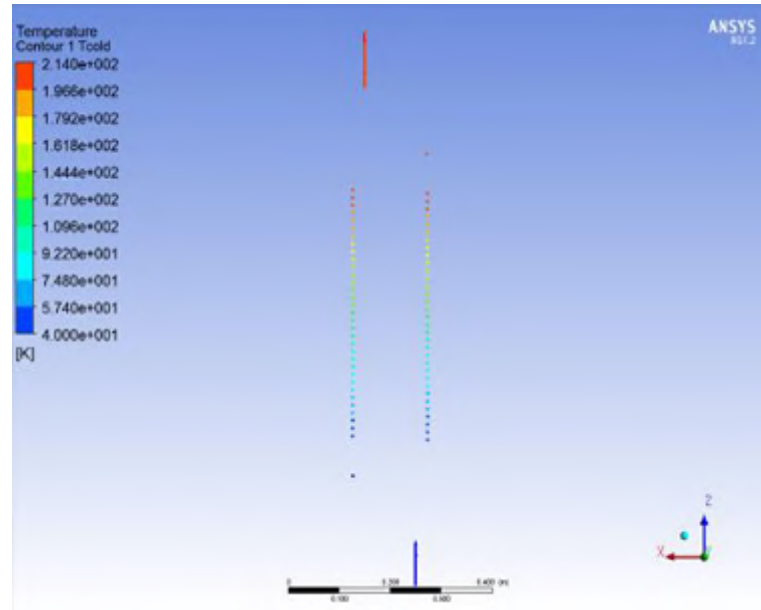
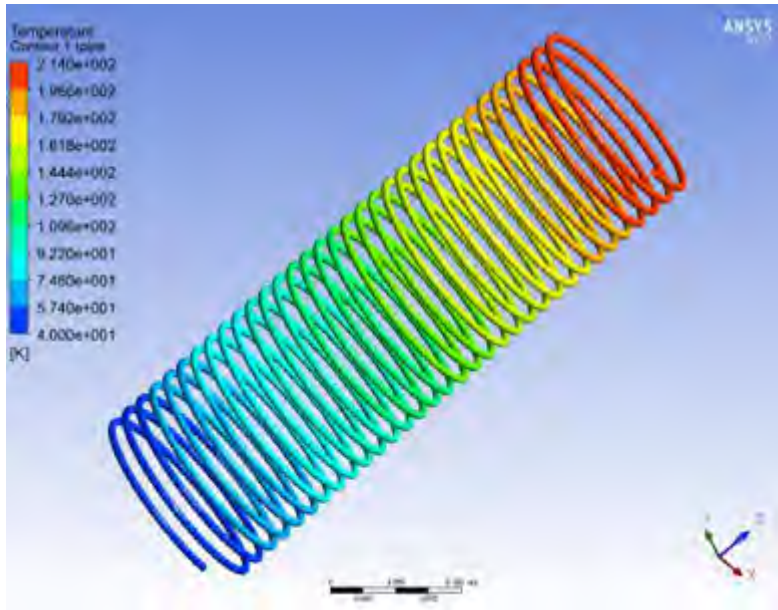
- 采用fluentmeshing软件
- 质量较好的面网格 ---多面体网格
- 网格质量：0.78
- 网格数量：5700万四面体网格
- 1300万多面体网格



模型选择

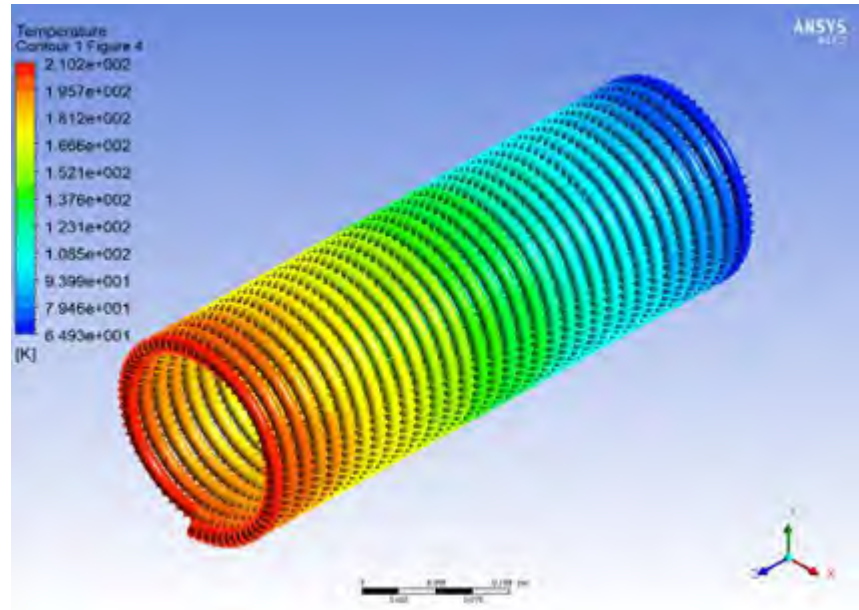
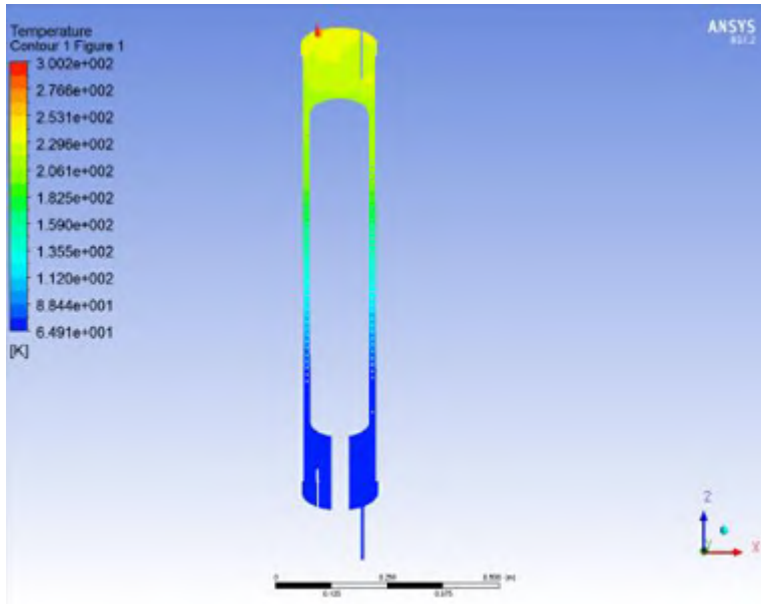
- **湍流模型 SSTK-W模型**
- **激活能量方程**
- **组分输运模型**
- **欧拉液膜模型**

四、仿真结果分析

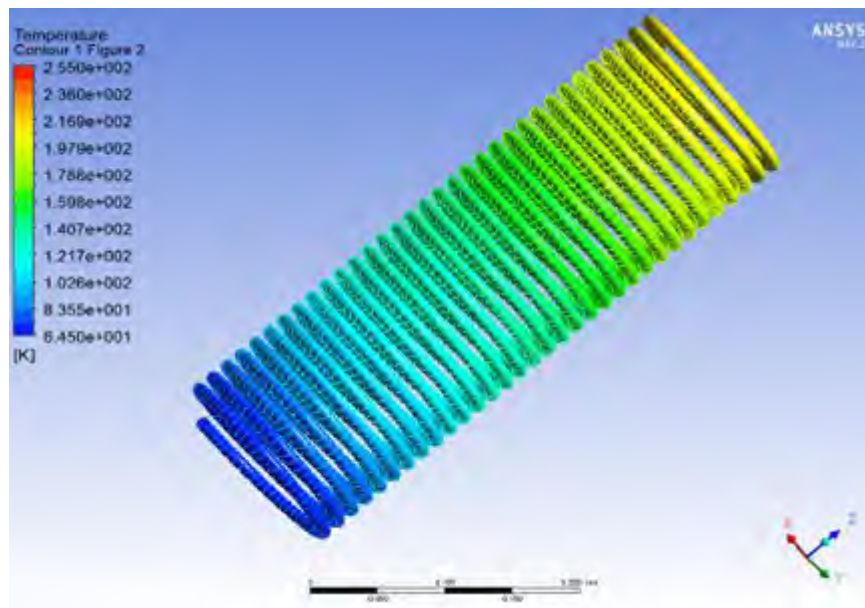
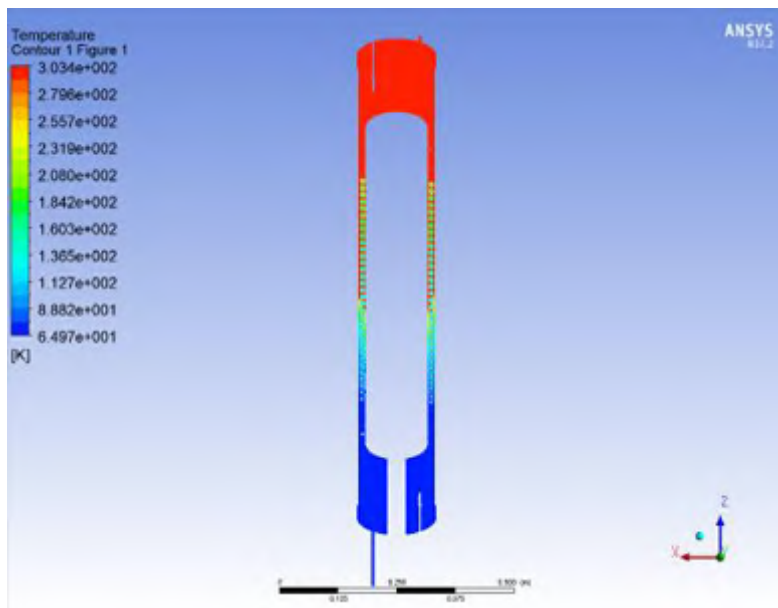


换热管内部温度分布基本上呈线性分布，将内壁侧温度作为边界传输给换热管外侧部分的仿真

不考虑冷凝换热管外侧温度分布

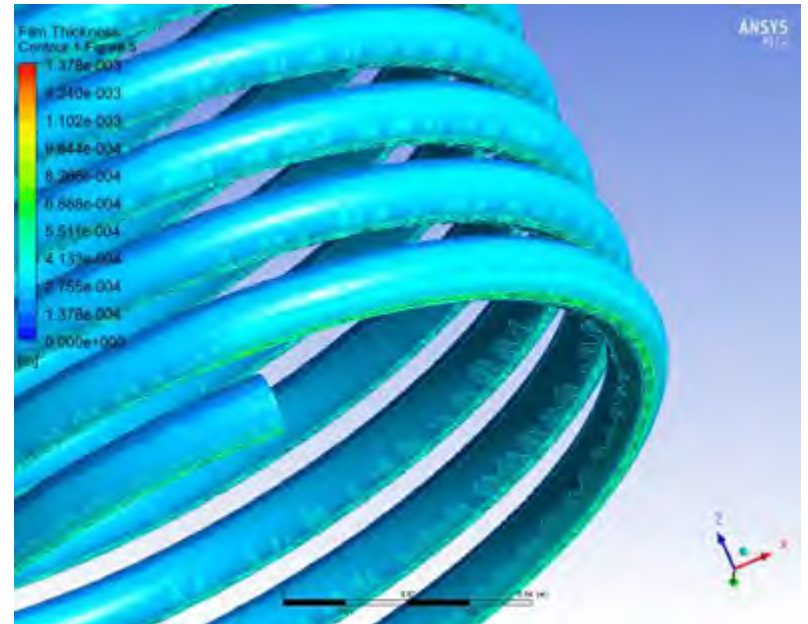
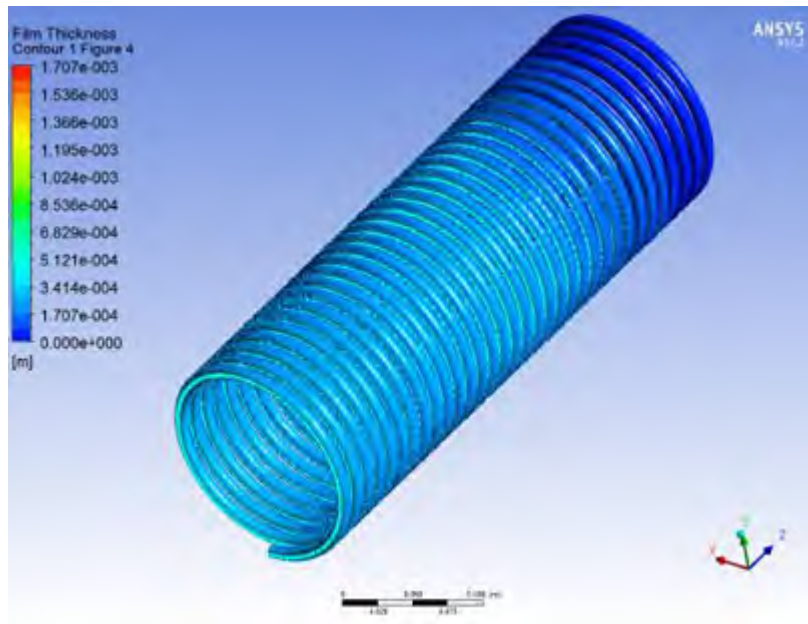


考虑冷凝温度分布



通过在Fluent中读取结果显示，考虑冷凝的情况下，出口温度提高7K左右

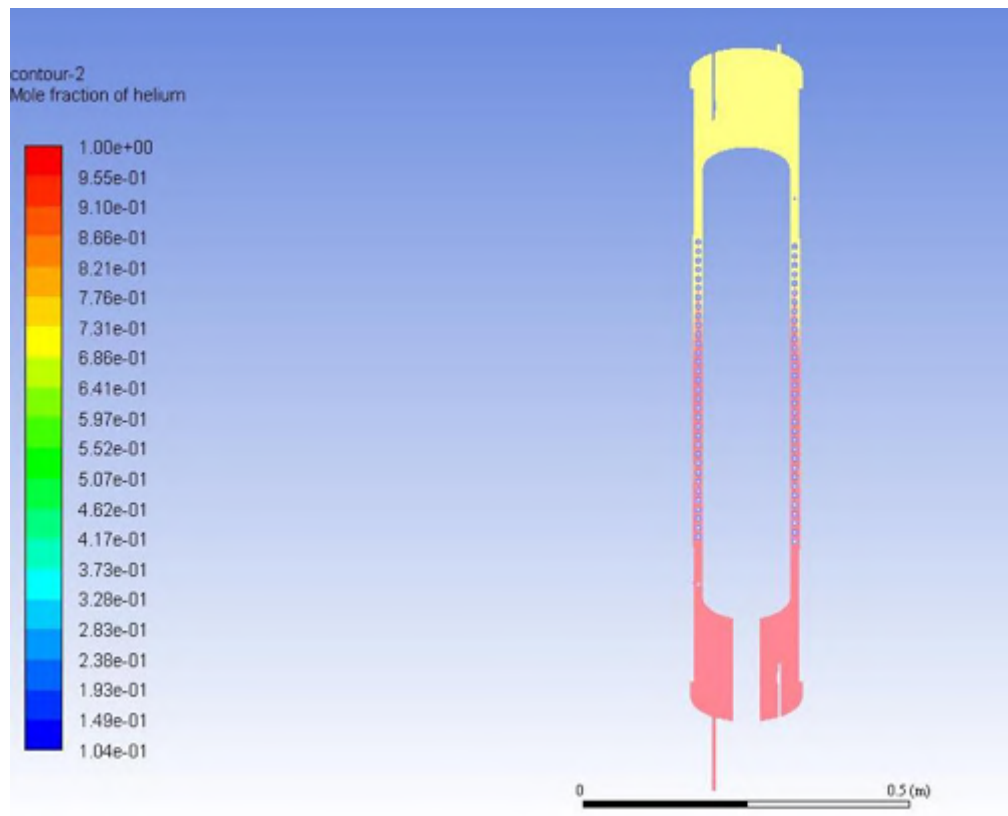
冷凝液厚度



仿真得出液膜最大厚度约**1.7mm**
在重力作用下，底部厚度大于顶部

氦气组分分布

- 通过在fluent的后处理中，读取出口氦气摩尔分数为**98.2%**，该数据可通过相变可调节参数进行调整，使其与试验结果更贴近。



五、结论

- **FLUENT软件能模拟绕管式换热器内部换热问题**
- **能考虑换热管内部冷凝现象**
- **能通过可调节参数调整冷凝速率**
- **对换热翅片的简化，冷凝现象的假设等，使得计算结果存在一定的误差**

ANSYS



仿真
新时代

2017 ANSYS用户技术大会

中国·烟台

**感谢龚领会老师、徐鹏师兄、陈文义经理和李红梅工程师
谢谢给位的聆听！**



ANSYS-China