

CEPC TPC结构应力分布FEA分析

张俊嵩

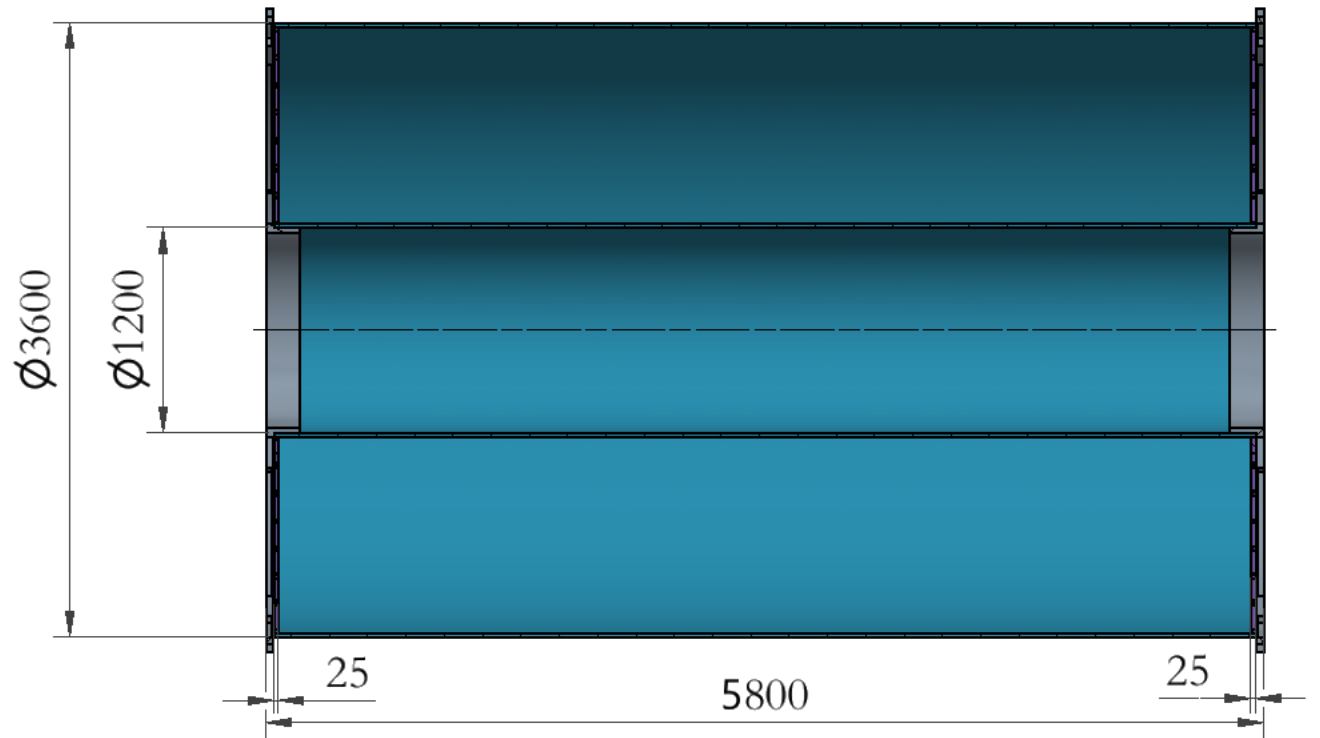
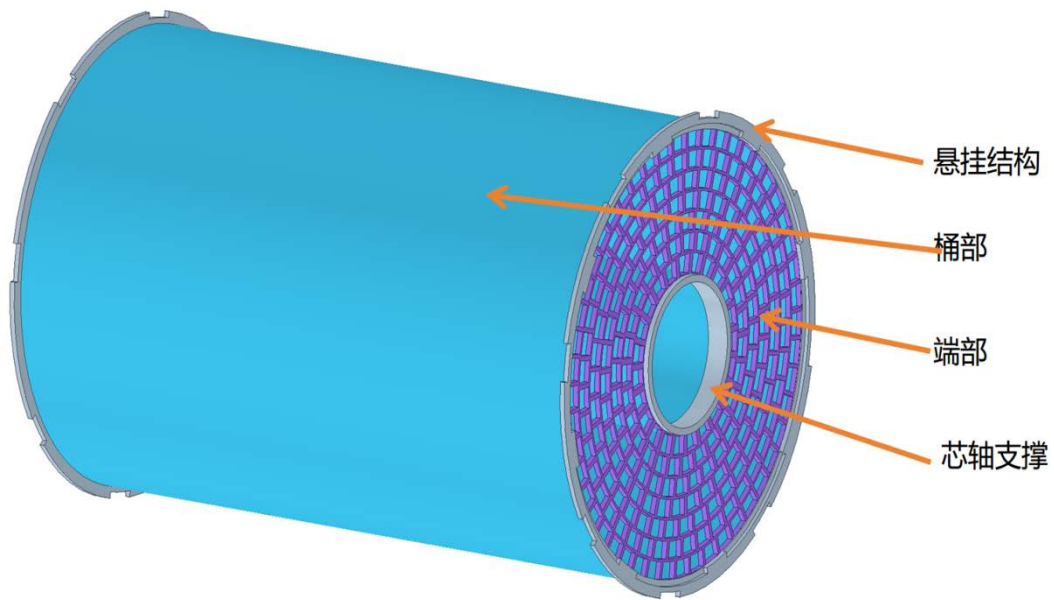
纪全，祁辉荣，常悦，余信，张建

高能物理研究所 4-26 2024

FEA有限元分析目标

- CEPC TDR中TPC新尺寸结构建模
- 设定材料及悬挂结构应力分析
 - 探测器运行工况
 - 探测器调试、运输工况
- 小结

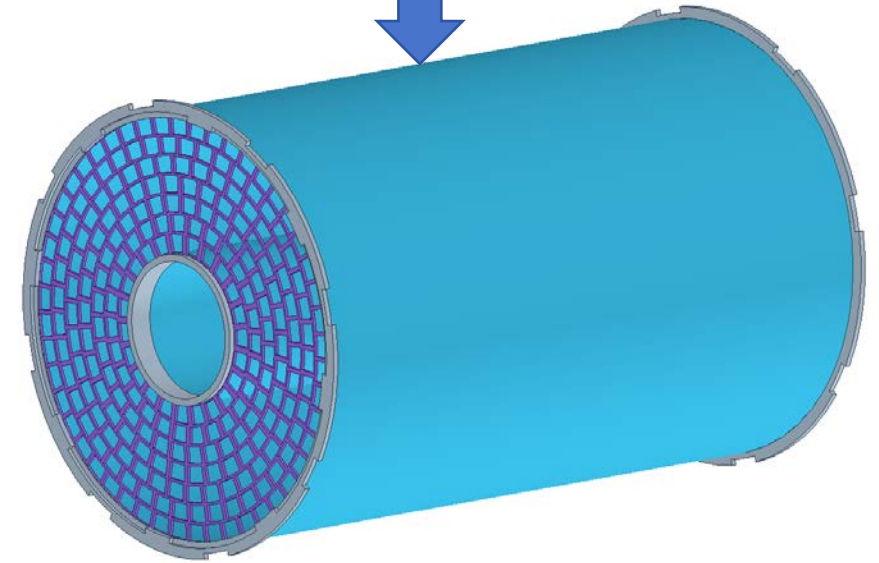
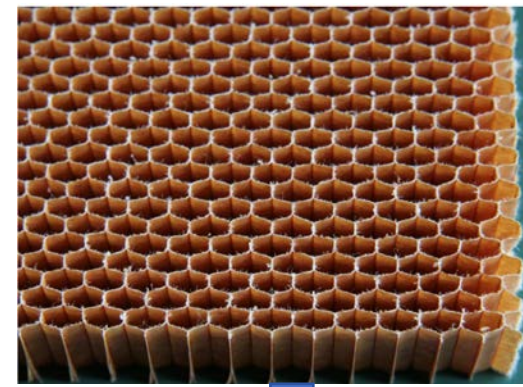
模型主要参数 TPC for CEPC TDR



TPC在CEPC TDR中的尺寸，结构较简单，制造工艺风险小

FEA分析的主要参数

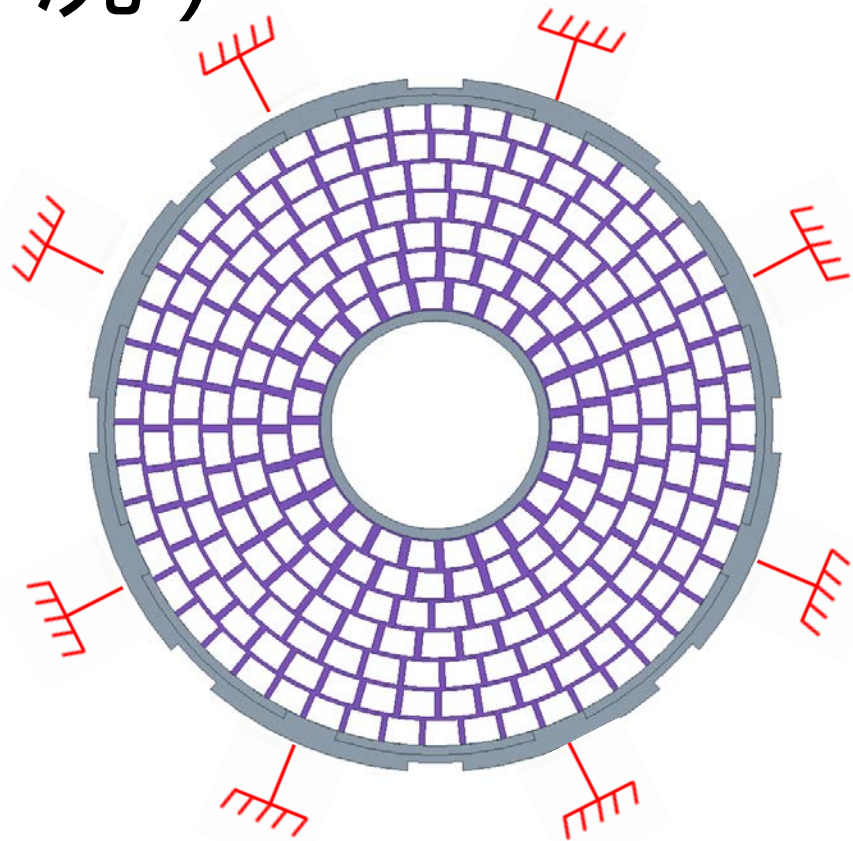
- TPC端部材料采用：7系列合金铝（高强度航空合金铝7075）
 - 端部厚度25mm，质量设定中含探测器模块
- TPC桶部材料采用：高强度超轻纤维蜂窝板
 - 桶部厚度25mm
 - 弹性模量35Gpa，泊松比0.33，密度为30 kg/m³
 - 建模采用实体圆柱，物性参数为蜂窝板材料参数
- TPC悬挂结构、内桶部支撑结构材料：7系列合金铝



各部件重量参数

部件	端板 (2个)	内桶	外筒	读出单元模块 (2个端板)	悬挂结构 (2个)	总重量
重量	167Kg	52Kg	13Kg	424Kg	143Kg	1533Kg

FEA应力分析 — 悬挂结构约束条件（运行工况）



端部悬挂支撑

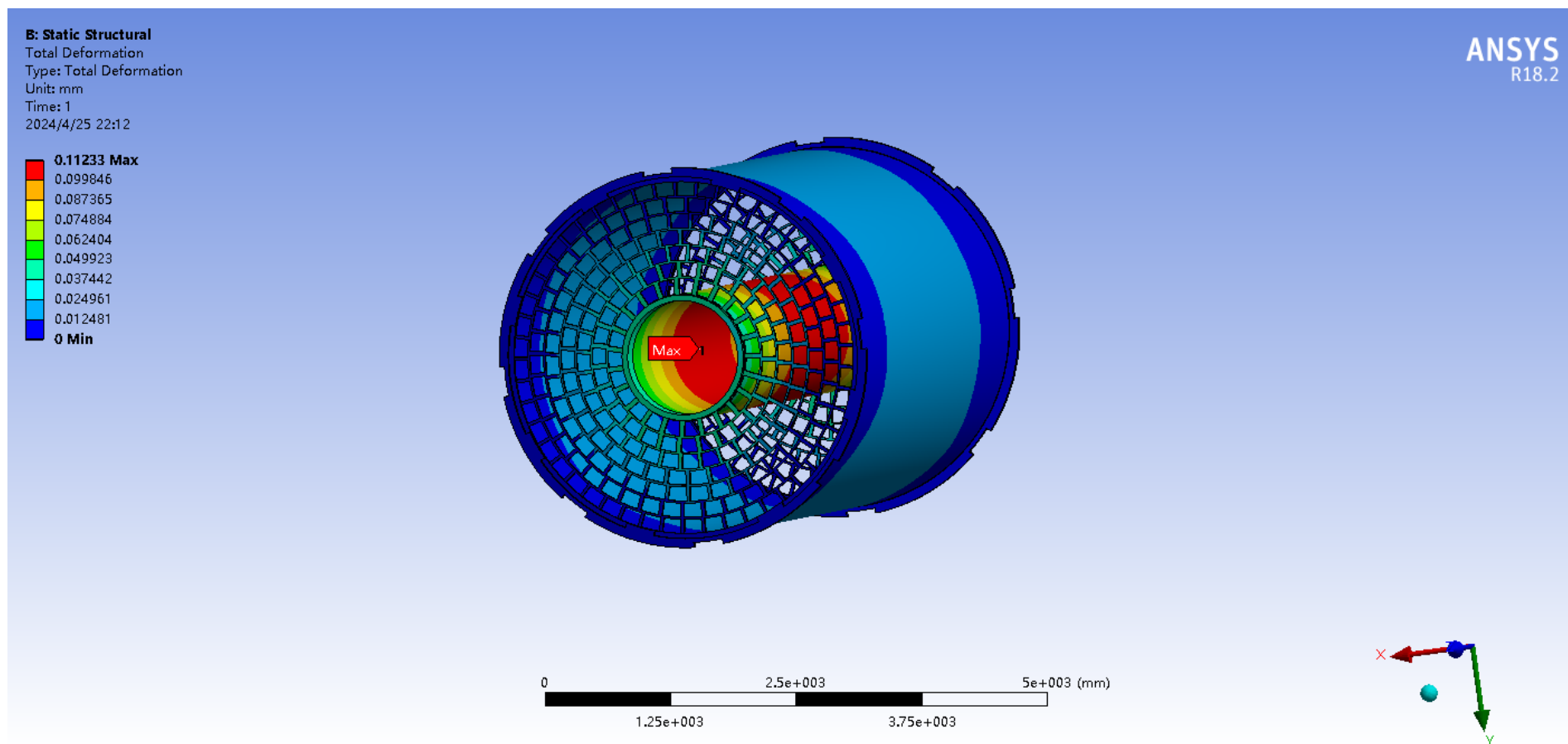


悬挂结构的重力场仿真

将悬挂结构的8个固定结构设为全约束

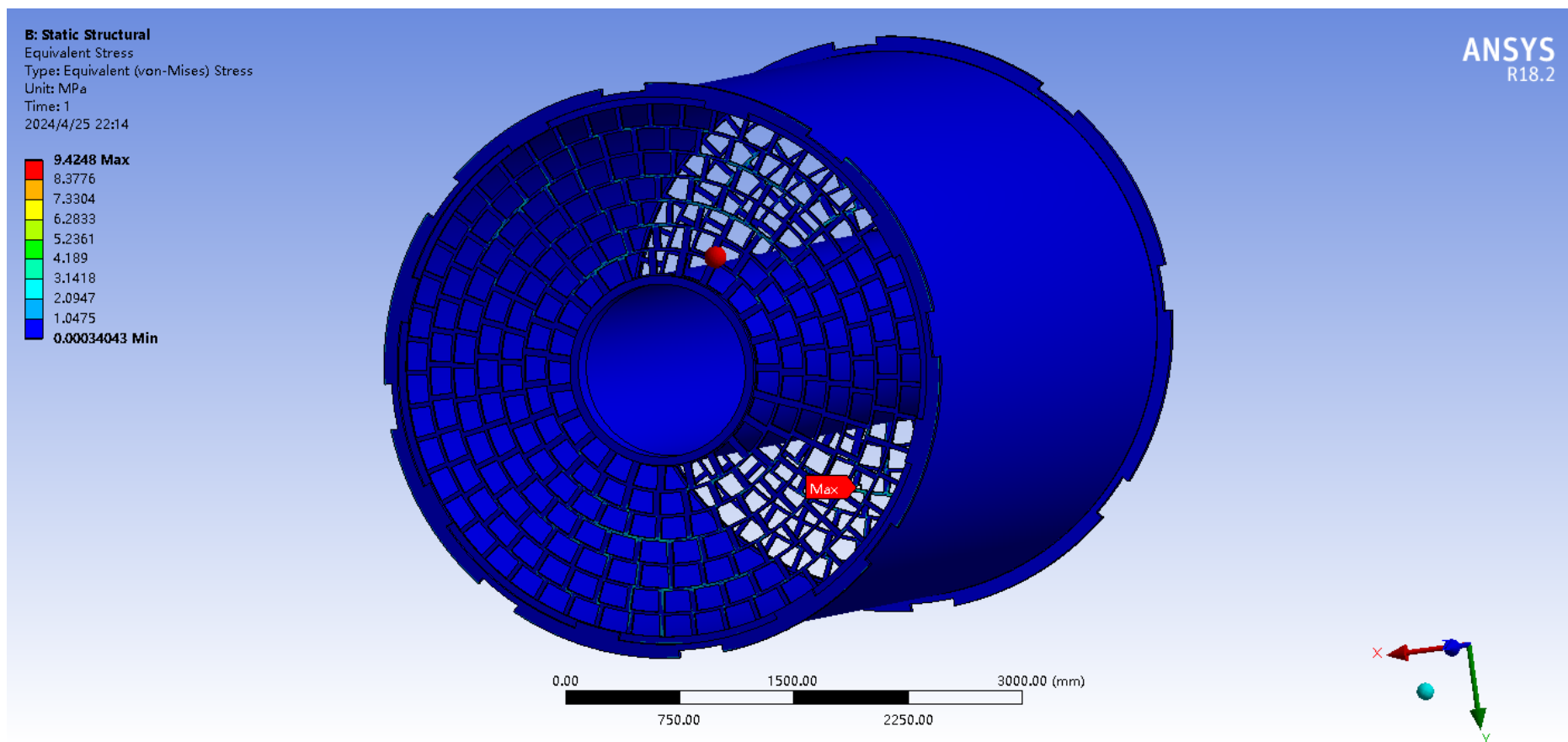
FEA分析结果1——悬挂结构支撑

- 结论1：
 - 变形最大区域为TPC内桶部，中心区域
 - 最大变形约为 **112微米**



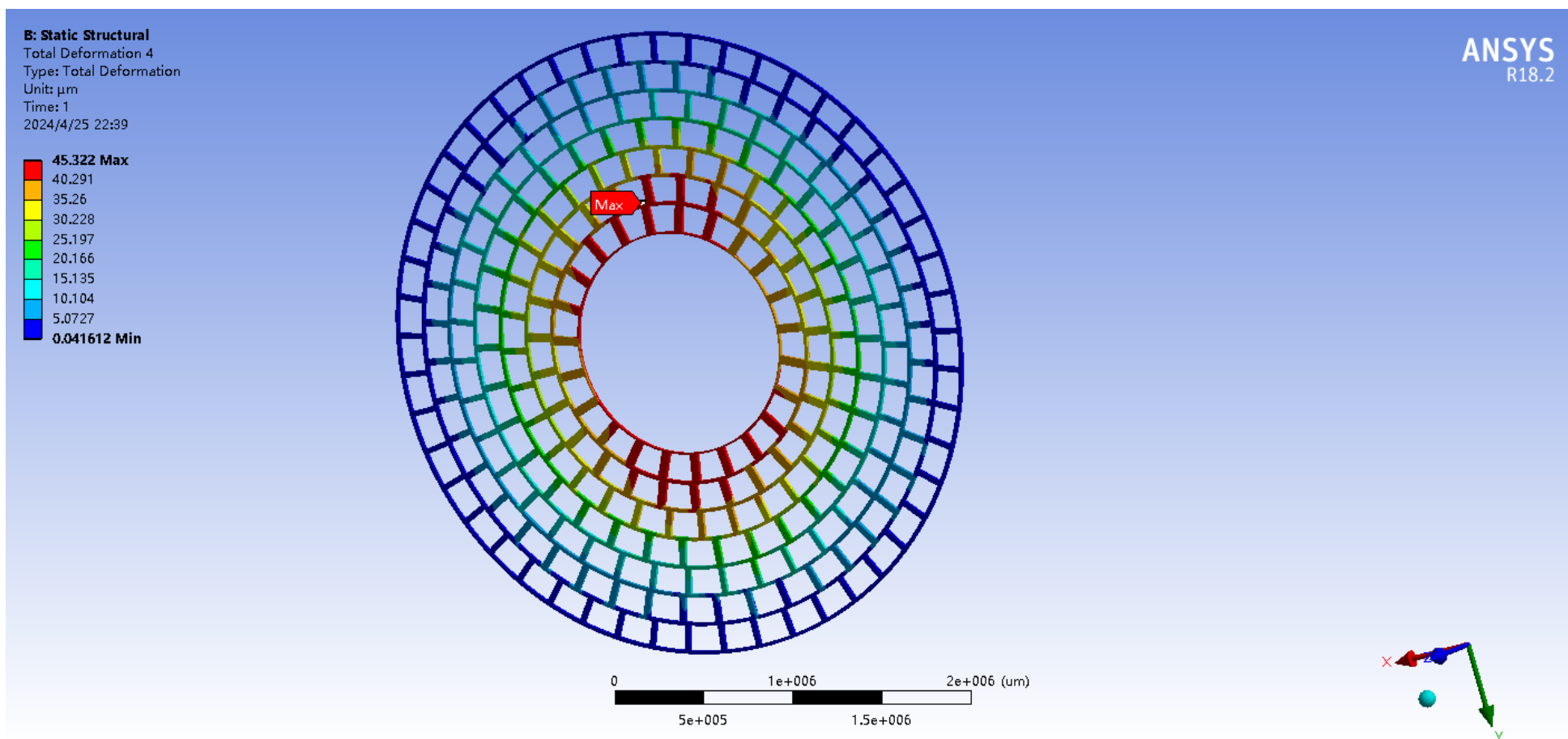
FEA分析结果2——悬挂结构支撑

- 结论2：
 - 最大应力在TPC内桶部
 - 最大应力约为：**3Mpa**



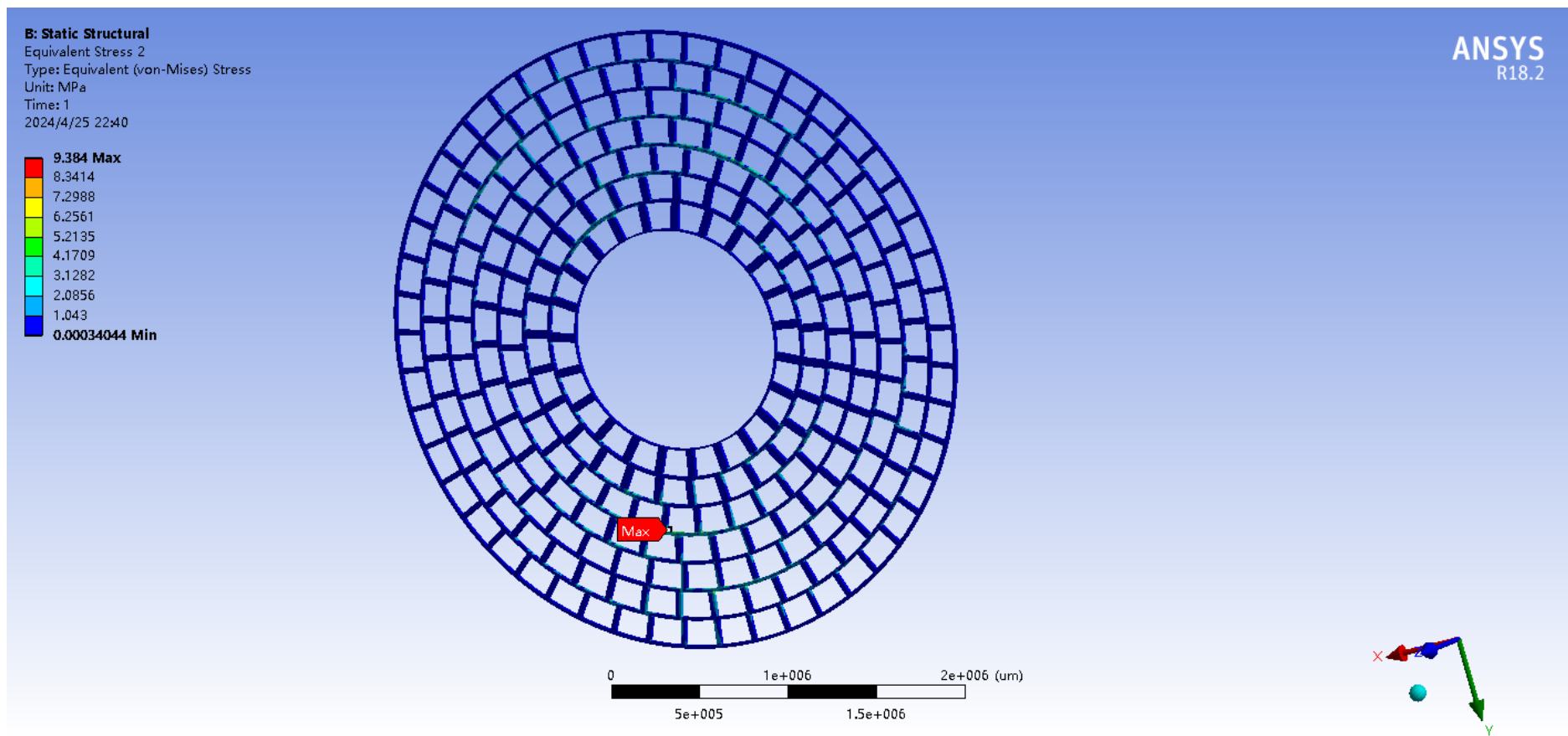
FEA分析结果3——悬挂结构支撑

- 结论3：
 - 最大应力产生在TPC端部，内桶部区域
 - 端部最大变形量约为：**45.3微米**

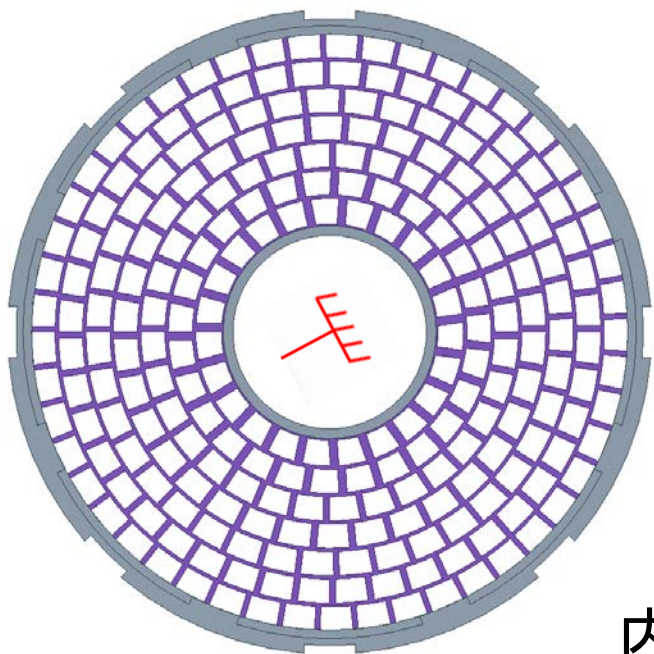


FEA分析结果4——悬挂结构支撑

- 结论4：
 - 最大应力产生在TPC端部，内桶部区域
 - 端部最大应力约为：**9Mpa**



FEA应力分析 — 内桶部约束条件（调试工况）



内桶部支撑



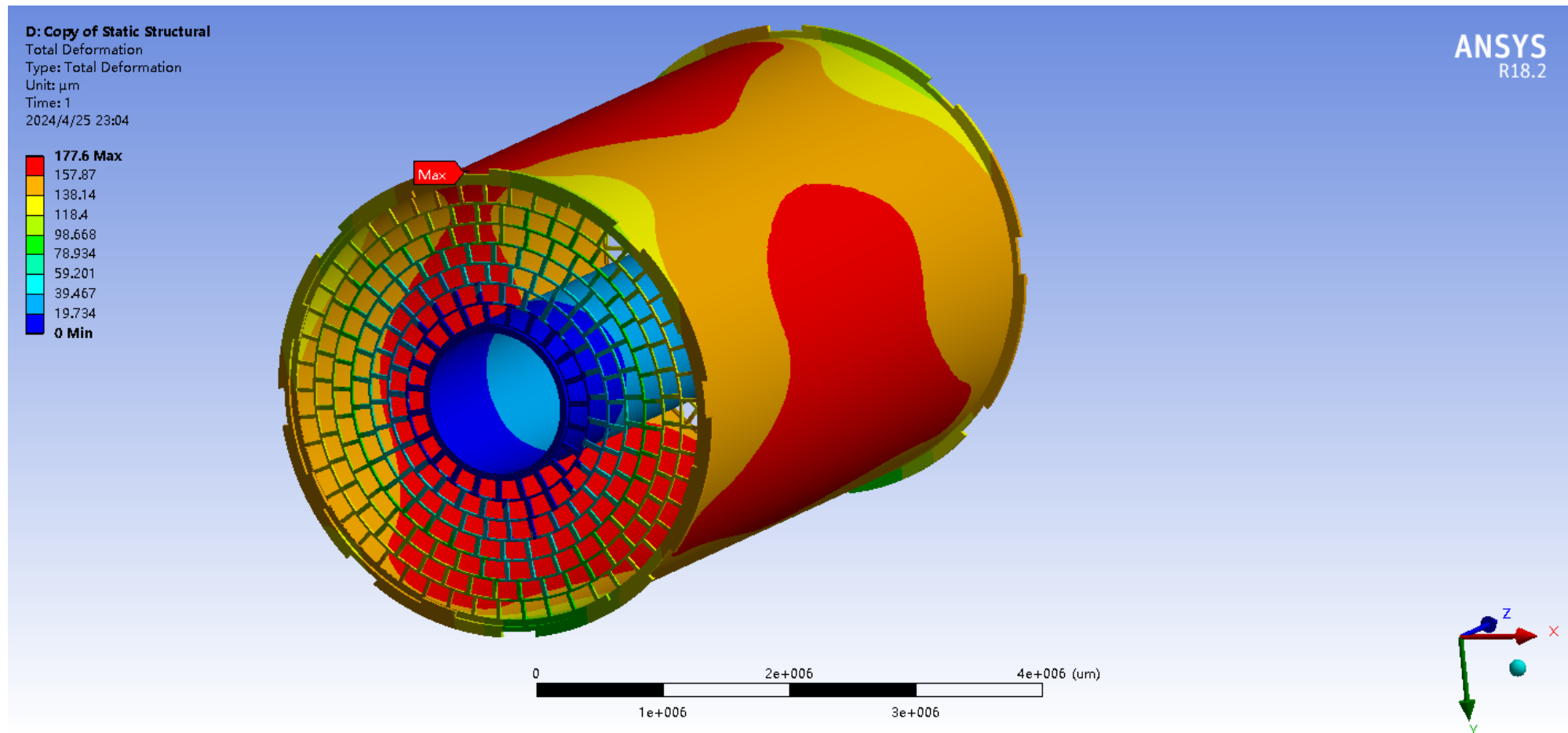
内桶部支撑的重力场仿真

将内桶部结构的内圆结构设为全约束

组装、安装和运输TPC时，采用内桶部芯轴结构支撑TPC

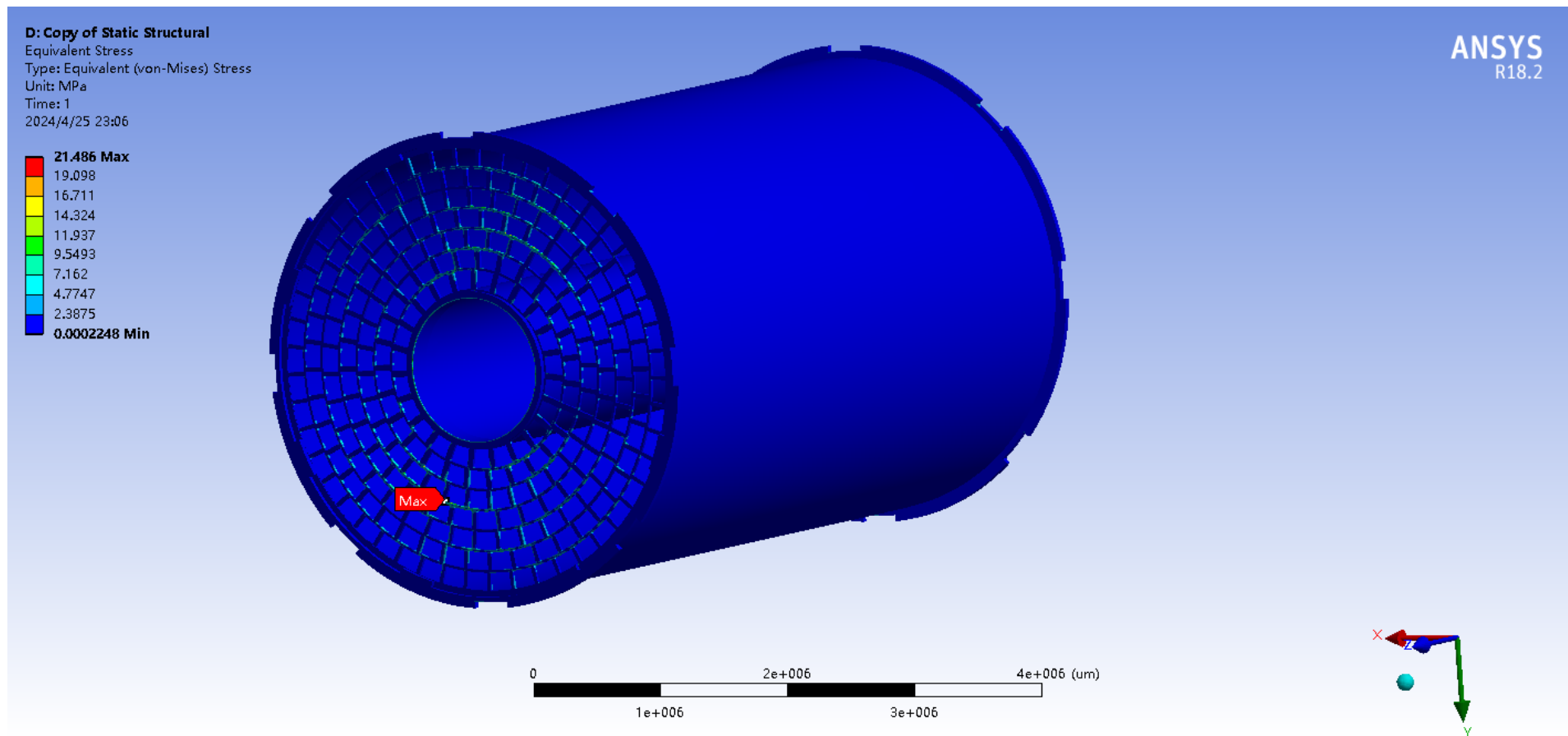
FEA分析结果5——内桶部结构支撑

- 结论5：
 - 最大变形在TPC外内桶部区域
 - 最大变形量约为：**177.6微米**



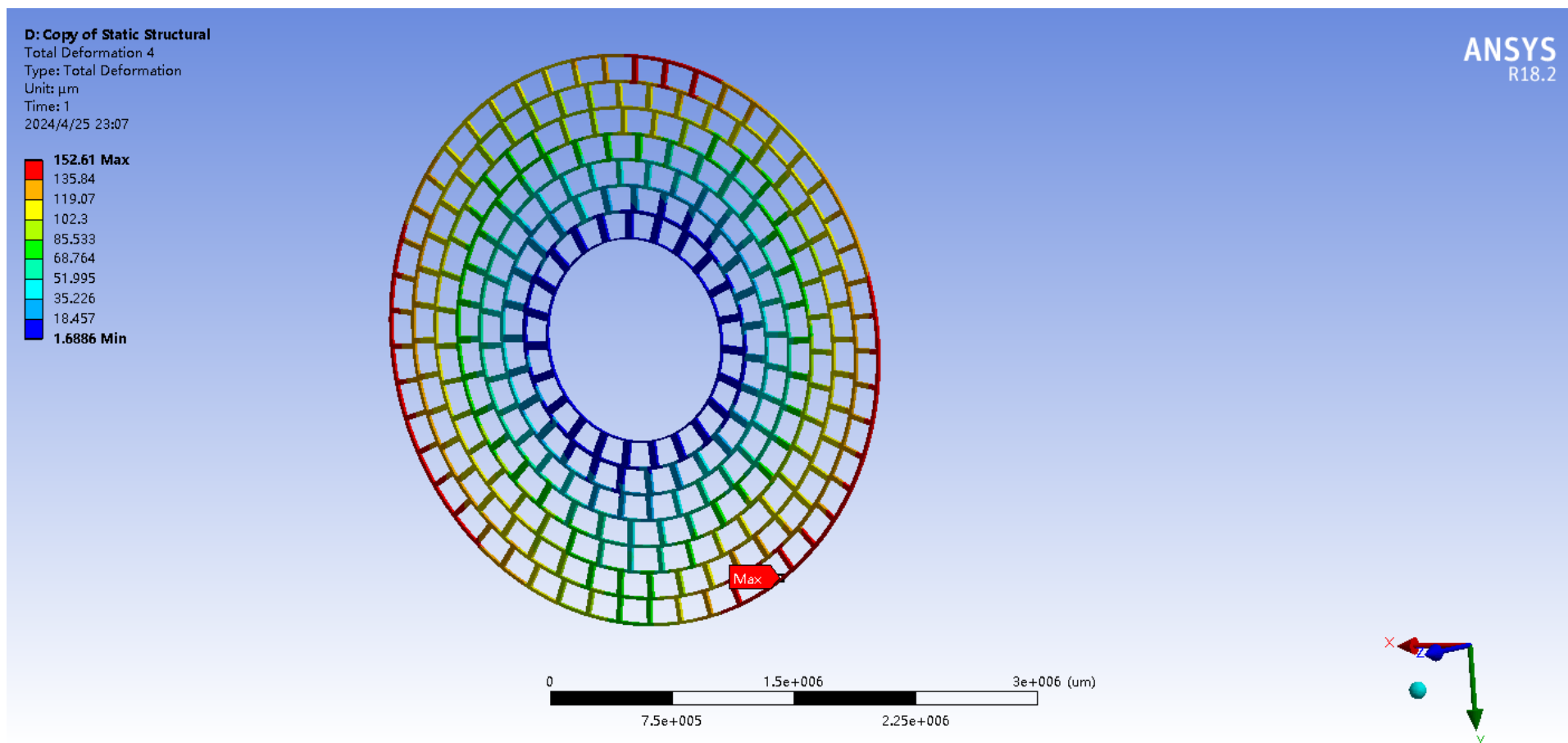
FEA分析结果6——内桶部结构支撑

- 结论6：
 - 最大应力在TPC端部
 - 最大应力约为：**21.5Mpa**



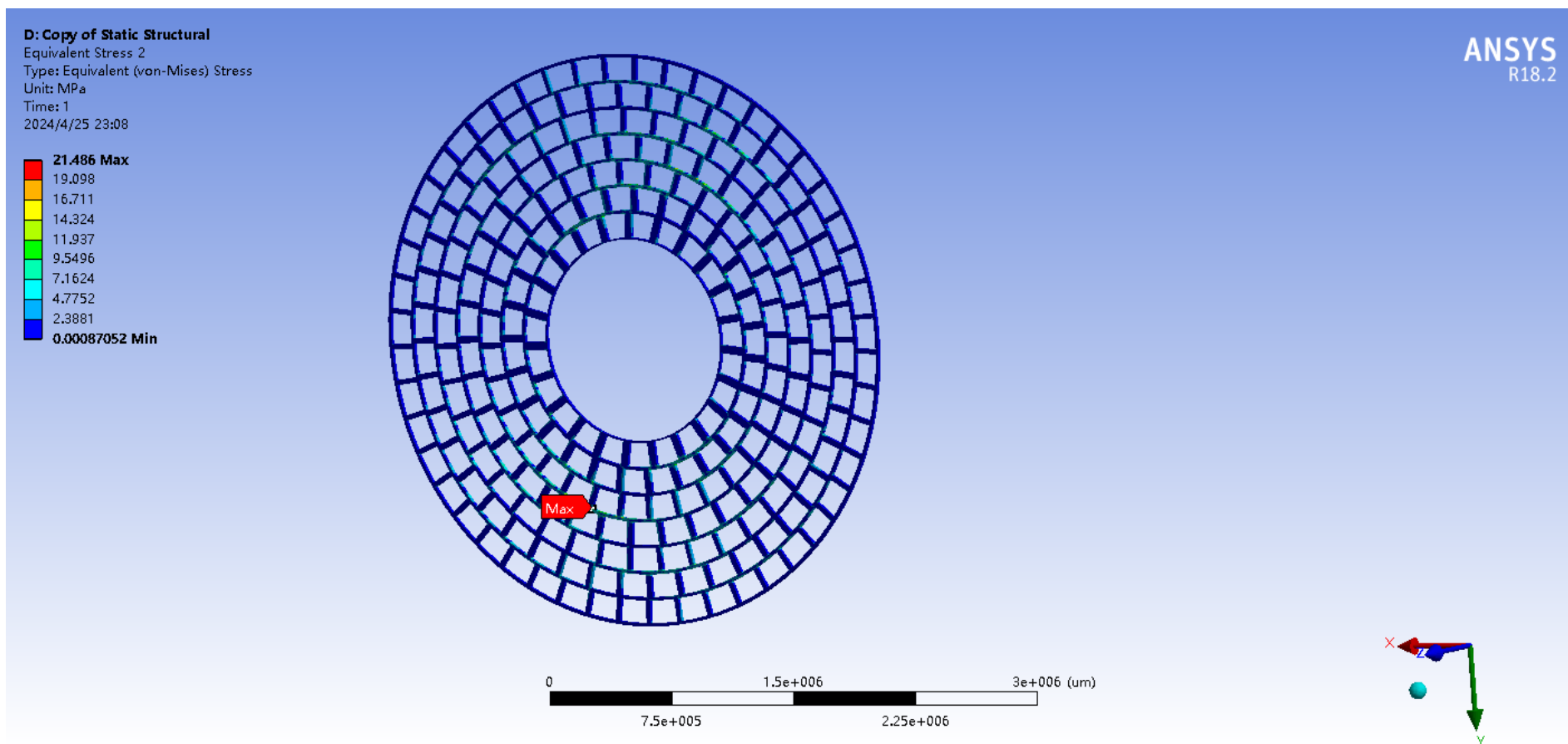
FEA分析结果7——内桶部结构支撑

- 结论7：
 - 最大变形量在TPC端部
 - 端部最大变形约为：**152.6微米**



FEA分析结果8——内桶部结构支撑

- 结论8：
 - 最大应力在TPC端部
 - 端部最大应力约为：**21.5Mpa**



小结

- 完成CEPC TDR中TPC新尺寸结构建模，设定TPC的主要材料及悬挂结构，**分为运行工况和调试/运输工况**，有限元分析了结构应力和最大变形量。
- 初步结果表明：
 - 安装时：TPC桶部为纤维蜂窝板材料，采用8点固定悬挂结构支撑，最大变形量 112 μm ，最大应力9Mpa
 - 安装时：TPC端部为铝合金材料，采用8点固定悬挂结构支撑，最大变形量45.3，最大应力9Mpa
 - 调试及运输时：采用中心轴支撑下，最大变形量177.6 μm ，变形在外桶部，最大应力为21.6Mpa
- **初步结论**：现有的低质量材料和悬挂机构方案，均满足CEPC TDR中TPC探测器的运行工况、调试、运输等需求。
 - 下一步还需要结合具体的探测器实际结构参数，进行进一步的详细优化计算。