

# CEPC high efficiency klystron progress and plans

**Zusheng Zhou**

*Institute of High Energy Physics*

*Dec. 28, 2020*

# Outline



- ◆ **High efficiency klystron**
- ◆ **MBK(Multi-beam klystron)**
- ◆ **Future plan**

# High efficiency klystron

# Mechanical design discussion

## Mechanical design discussion meeting was held on Aug. 31 2020.

### 专家意见讨论

2020-09-05

- 1 由于吊装由中子房吊起完成，根据实际吊装过程中由于缺乏辅助所以无法得知中子房的实际吊装方法和吊装情况，其根据中子房提交的吊装方案，根据固定接头与固定脚的接触情况（本次接触正负向接触）。
  - 1.1 高压气密封加中子房中固定方案准备，后续再用固定方案进行验证，压力密封环即可行方案。
- 2 固定接头在吊装过程中，当输出功率达到 400kW 功率时，输出腔体弹性变形并在几度内，在下一步测试中应再进一步详细测试并同固定接头对比，为接下来的冷却系统设计做准备。
  - 2.1 建议增加固定接头测试时增加固定接头（高功率），在材料测试中应增加固定接头测试（压力），当测试功率达到中子房，且固定接头方案在测试中应增加固定接头测试，同时，在加工中应增加固定接头加工公差，并采用三轴加工对中并固定进行测试，相关参数可用于后续在材料中测试。
- 3 固定接头固定接头的结构方式无法验证测试应增加测试，建议同一测试位置增加固定接头，在固定接头中，另外，目前测试的固定接头应增加固定接头测试并同固定接头测试对比。
  - 3.1 压力密封固定方案
- 4 固定接头固定接头在加工中，固定接头，使固定接头在加工中，建议采用先用固定接头固定和固定接头固定后加工上后固定接头固定固定方案。
  - 4.1 压力密封固定方案
- 5 固定接头固定接头在加工中，建议按照固定接头固定方案并经过地脚螺栓，固定接头固定接头与固定接头固定方案，固定接头固定方案，建议采用固定接头固定，固定接头固定接头固定，固定接头固定接头固定，建议采用固定接头固定。
  - 5.1 高压气密封加中子房中固定方案准备，后续再用固定方案进行验证，压力密封环即可行方案。
- 6 固定接头固定接头在加工中，建议按照固定接头固定方案并经过地脚螺栓，固定接头固定接头与固定接头固定方案，固定接头固定方案，建议采用固定接头固定，固定接头固定接头固定，固定接头固定接头固定，建议采用固定接头固定。
  - 6.1 压力密封固定方案
- 7 固定接头固定接头在加工中，建议按照固定接头固定方案并经过地脚螺栓，固定接头固定接头与固定接头固定方案，固定接头固定方案，建议采用固定接头固定，固定接头固定接头固定，固定接头固定接头固定，建议采用固定接头固定。
  - 7.1 压力密封固定方案
- 8 固定接头固定接头在加工中，建议按照固定接头固定方案并经过地脚螺栓，固定接头固定接头与固定接头固定方案，固定接头固定方案，建议采用固定接头固定，固定接头固定接头固定，固定接头固定接头固定，建议采用固定接头固定。
  - 8.1 高压气密封加中子房中固定方案准备，后续再用固定方案进行验证，压力密封环即可行方案。
- 9 固定接头固定接头在加工中，建议按照固定接头固定方案并经过地脚螺栓，固定接头固定接头与固定接头固定方案，固定接头固定方案，建议采用固定接头固定，固定接头固定接头固定，固定接头固定接头固定，建议采用固定接头固定。
  - 9.1 固定接头固定方案

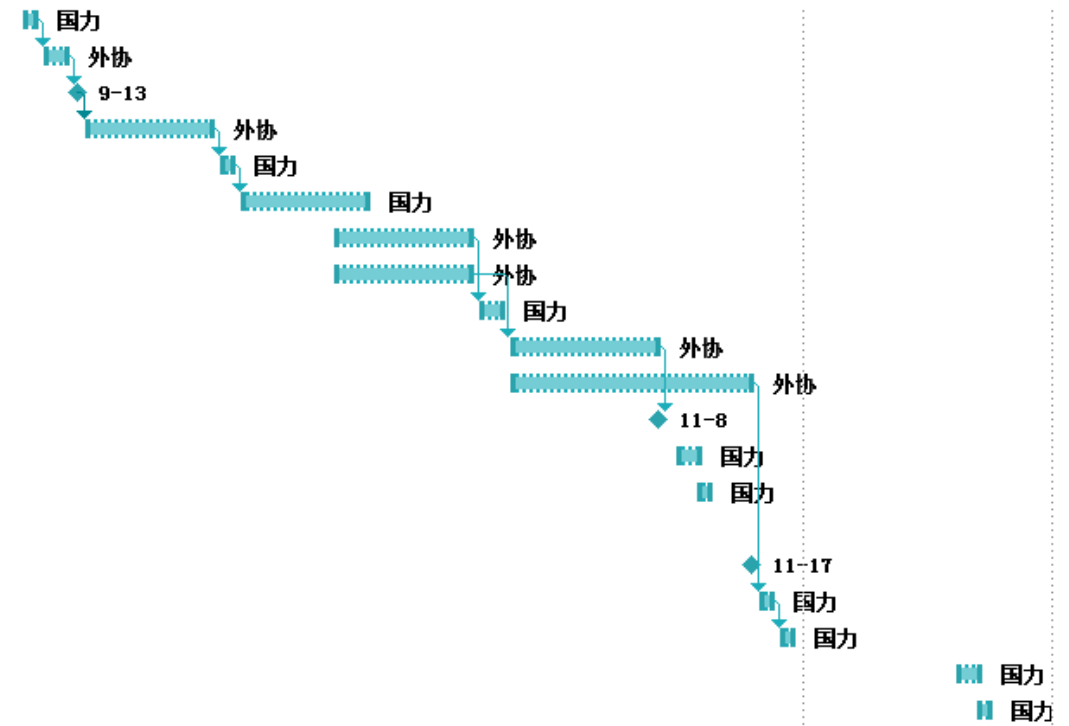
- 10 由于吊装由中子房吊起完成，根据实际吊装过程中由于缺乏辅助所以无法得知中子房的实际吊装方法和吊装情况，其根据中子房提交的吊装方案，根据固定接头与固定脚的接触情况（本次接触正负向接触）。
  - 10.1 压力密封固定方案
- 11 固定接头固定接头在加工中，建议按照固定接头固定方案并经过地脚螺栓，固定接头固定接头与固定接头固定方案，固定接头固定方案，建议采用固定接头固定，固定接头固定接头固定，固定接头固定接头固定，建议采用固定接头固定。
  - 11.1 固定接头固定方案
- 12 固定接头固定接头在加工中，建议按照固定接头固定方案并经过地脚螺栓，固定接头固定接头与固定接头固定方案，固定接头固定方案，建议采用固定接头固定，固定接头固定接头固定，固定接头固定接头固定，建议采用固定接头固定。
  - 12.1 固定接头固定方案
- 13 固定接头固定接头在加工中，建议按照固定接头固定方案并经过地脚螺栓，固定接头固定接头与固定接头固定方案，固定接头固定方案，建议采用固定接头固定，固定接头固定接头固定，固定接头固定接头固定，建议采用固定接头固定。
  - 13.1 固定接头固定方案
- 14 固定接头固定接头在加工中，建议按照固定接头固定方案并经过地脚螺栓，固定接头固定接头与固定接头固定方案，固定接头固定方案，建议采用固定接头固定，固定接头固定接头固定，固定接头固定接头固定，建议采用固定接头固定。
  - 14.1 固定接头固定方案
- 15 固定接头固定接头在加工中，建议按照固定接头固定方案并经过地脚螺栓，固定接头固定接头与固定接头固定方案，固定接头固定方案，建议采用固定接头固定，固定接头固定接头固定，固定接头固定接头固定，建议采用固定接头固定。
  - 15.1 固定接头固定方案
- 16 固定接头固定接头在加工中，建议按照固定接头固定方案并经过地脚螺栓，固定接头固定接头与固定接头固定方案，固定接头固定方案，建议采用固定接头固定，固定接头固定接头固定，固定接头固定接头固定，建议采用固定接头固定。
  - 16.1 固定接头固定方案
- 17 固定接头固定接头在加工中，建议按照固定接头固定方案并经过地脚螺栓，固定接头固定接头与固定接头固定方案，固定接头固定方案，建议采用固定接头固定，固定接头固定接头固定，固定接头固定接头固定，建议采用固定接头固定。
  - 17.1 固定接头固定方案

Cavity research assembly experiments  
建议启动实验腔实验，摸索腔体加工和焊接工艺。

# Experiment cavity

## Experiment cavity time line

🚩	漂移管图纸绘制	1 天	2020年9月8日	2020年9月9日		国力	
🚩	漂移管粗加工	2 天	2020年9月10日	2020年9月12日	1	外协	
	漂移管材料退火	0 天	2020年9月13日	2020年9月13日	2	国力	
🚩	漂移管精加工	12 天	2020年9月14日	2020年9月26日	3	外协	
🚩	漂移管清洗测量	1 天	2020年9月27日	2020年9月28日	4	国力	
🚩	漂移管高温退火测量	12 天	2020年9月29日	2020年10月11日	5	国力	
🚩	腔体粗加工	13 天	2020年10月8日	2020年10月21日		外协	
🚩	盖板粗加工	13 天	2020年10月8日	2020年10月21日		外协	
🚩	腔体与盖板材料退火	2 天	2020年10月22日	2020年10月24日	7	国力	
🚩	盖板返厂精加工	14 天	2020年10月25日	2020年11月8日	8	外协	
🚩	腔体返厂精加工	23 天	2020年10月25日	2020年11月17日		外协	
	盖板清洗测量	0 天	2020年11月8日	2020年11月8日	10	国力	
🚩	盖板一与漂移管一第一次焊接（失败）	2 天	2020年11月10日	2020年11月12日		国力	
🚩	盖板一与漂移管一第二次焊接（成功）	1 天	2020年11月12日	2020年11月13日		国力	
🚩	盖板二与漂移管二第一次焊接（成功）	1 天	2020年11月14日	2020年11月15日		国力	
	盖板与漂移管焊接后测量	0 天	2020年11月17日	2020年11月17日		国力	
🚩	腔体清洗、测量和焊接前冷测	1 天	2020年11月18日	2020年11月19日	11	国力	
🚩	腔体与漂移管第一次焊接（失败）	1 天	2020年11月20日	2020年11月21日	17	国力	
🚩	腔体与漂移管第二次焊接（成功）	2 天	2020年12月7日	2020年12月9日		国力	
🚩	腔体焊接后冷测	1 天	2020年12月9日	2020年12月10日		国力	



- ✓ 约3个月时间，完成实验腔体制图、加工、焊接、冷测与检漏，各项参数达到设计要求，实验取得成功。
- ✓ 外协厂家占用时间太长，有较大压缩空间。

# Mechanical design review

在成功完成实验腔加工后，12月1日邀请所内外相关专家进行高效率样管工艺评审。

## 工艺设计评审专家：

屈化民 中国科学院高能物理研究所（组长）  
何平 中国科学院高能物理研究所（视频）  
陈龙星 湖北汉光科技股份有限公司（视频）  
章林文 中国工程物理研究院流体物理研究所  
裴国玺 中国科学院高能物理研究所  
于胜利 中国科学院高能物理研究所  
张占军 中国科学院高能物理研究所

- ✓ 专家组包含机械、真空、装配和机加以及速调管工艺方面的专家。
- ✓ 项目组根据专家的建议进行工艺完善后，开始加工制造。

## 650MHz/800kW 高效速调管工艺设计评审意见

2020年12月1日，CEPC速调管项目组在昆山国力电子科技有限公司组织召开了650MHz/800kW高效速调管工艺设计评审会。来自中科院高能物理研究所、中物院流体物理研究所和湖北汉光的7位专家（名单见附件），听取了项目组成员邹建军、王少哲给出的《650MHz/800kW高效速调管工艺设计评审报告》。专家组经质询和讨论，一致认为650MHz/800kW高效速调管工艺设计方案合理可行，通过评审；通过关键设备的研制，探索一条产学研完美结合的途径，为我国的大科学装置的研发提供技术支撑。请项目组根据专家的建议进行工艺完善后，开始加工制造。

### 主要建议如下：

- 1、谐振腔串同轴度的问题，应该考虑采用简单有效的措施保证装配精度。
- 2、电子枪采用八根钼丝铆接并采用激光焊接点固。
- 3、采用阴极试验件进行试装时，应进行精度重复性验证，以便保证正式装配时的精度要求。
- 4、仔细评估Q值未达到设计要求的原因，并确定焊前冷测标准。
- 5、优化门扭波导水冷连接结构设计，便于连接安装。

评审组长：

日期：

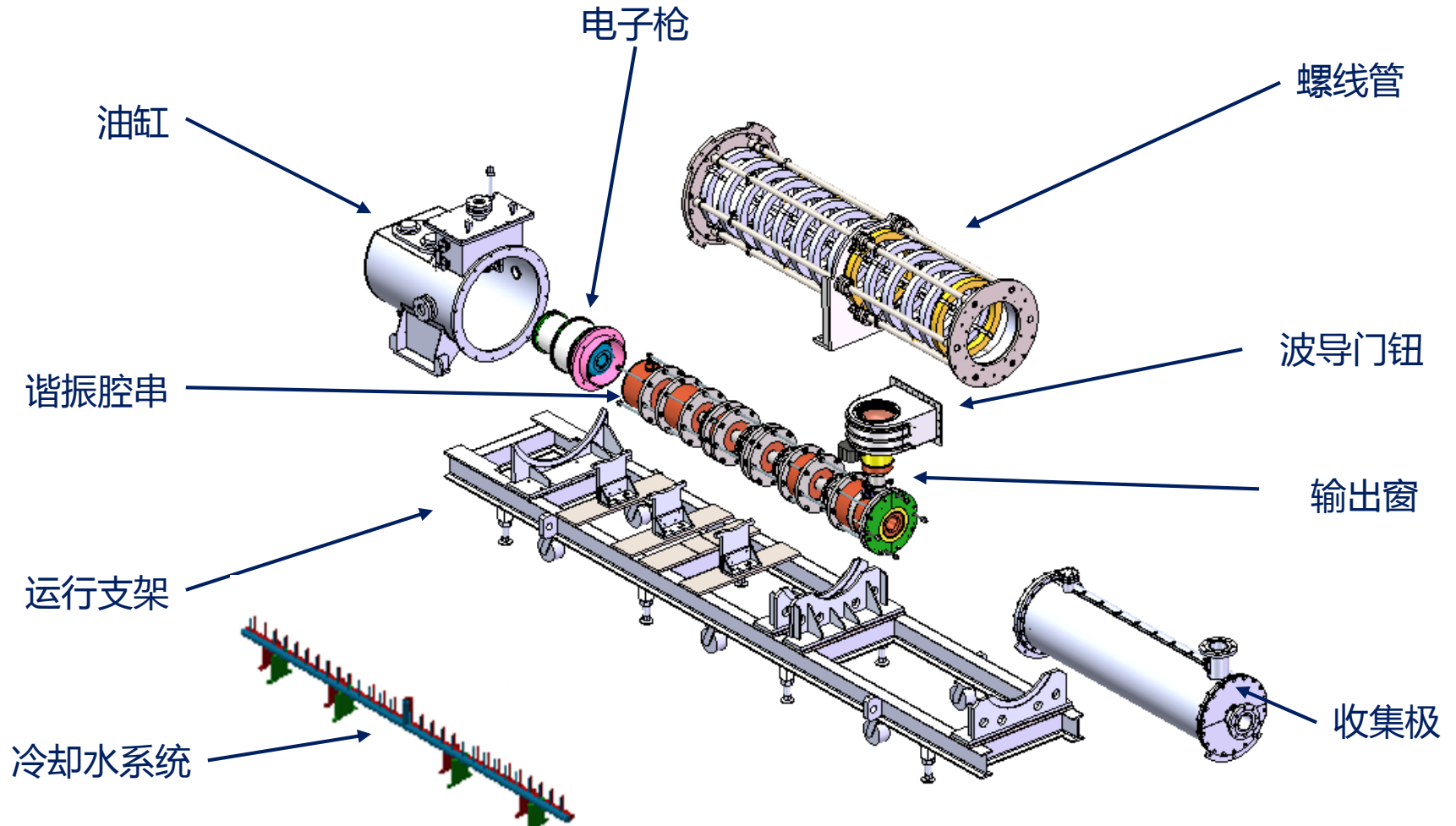
2020/12/1

# Mechanical drawing

工艺评审完成后，立即启动机械制图

✓ 任务分解：

- ① 高能所承担管体制图。
- ② 国力承担附属设备制图。
- ③ 双方互检图纸后签字开始加工（物理确认设计尺寸，机械确认公差要求）。

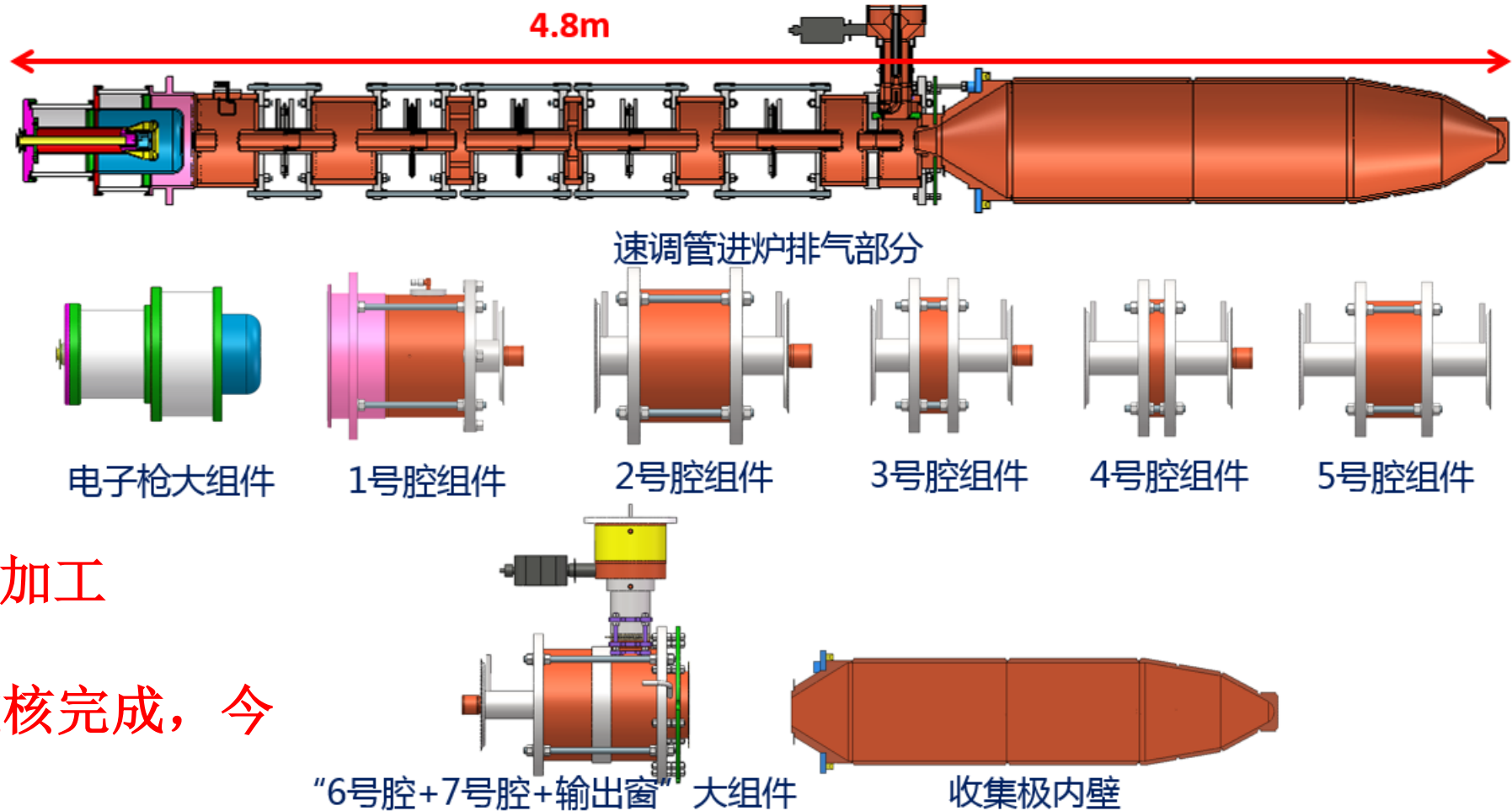


# Current status

根据加工的难易程度和周期，首先从周期长，难度较大的腔体部分开始。

✓ 目前状态:

- ① 电子枪陶瓷筒已开始加工
- ② 2#腔已开始加工
- ③ 3#、4#、5#腔图纸校核完成，今天签字后开始加工
- ④ 电子枪本周完成图纸校核
- ⑤ 1#、6#、7#本周完成图纸绘制
- ⑥ 收集极本周开始制图





# Future plan

针对实验腔加工耗时3个月的情况，现采取如下措施：

- ① 腔串加工找2~3家资质好的外协厂家，保证加工质量和周期。
- ② 针对实验腔加工中可以压缩和调整的时间，在正式腔加工中由专人进行进度控制和协调焊接炉等设备。

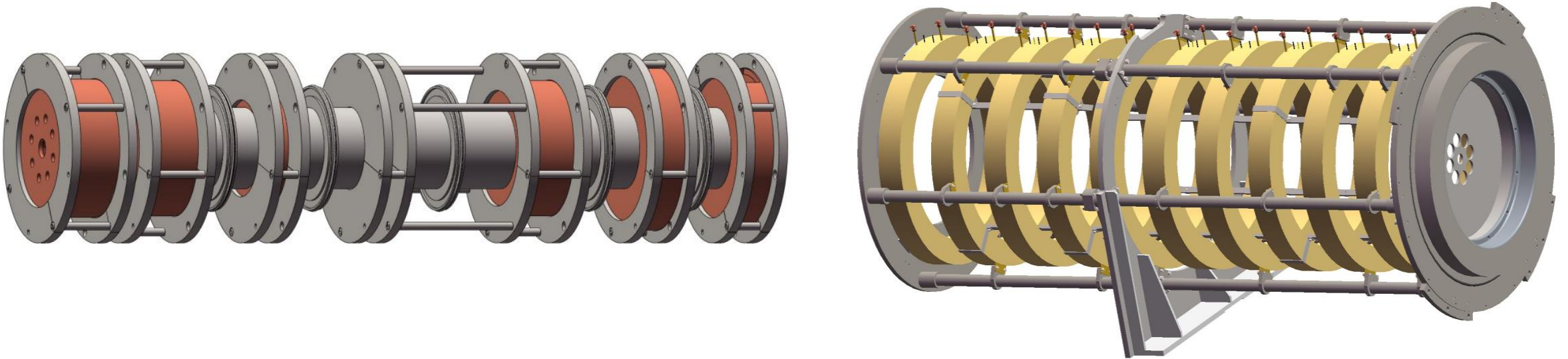
节点：

- ① 2月5日完成第二腔加工和焊接（一个半月内完成）
- ② 3月31日完成所有零部件加工
- ③ 5月31日完成总装焊接和排气

# Multi-beam klystron

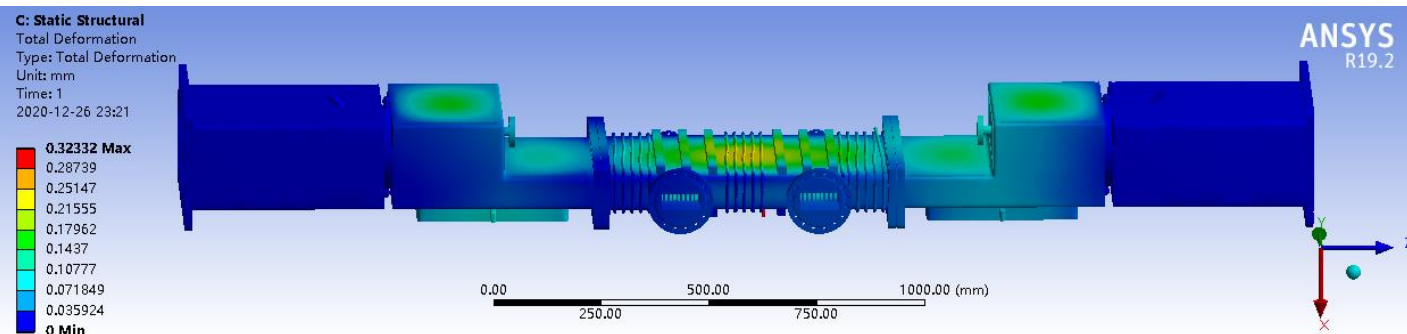
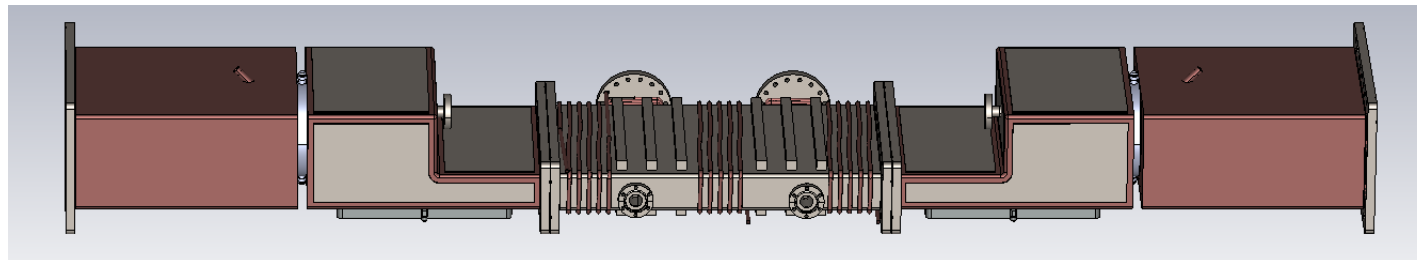
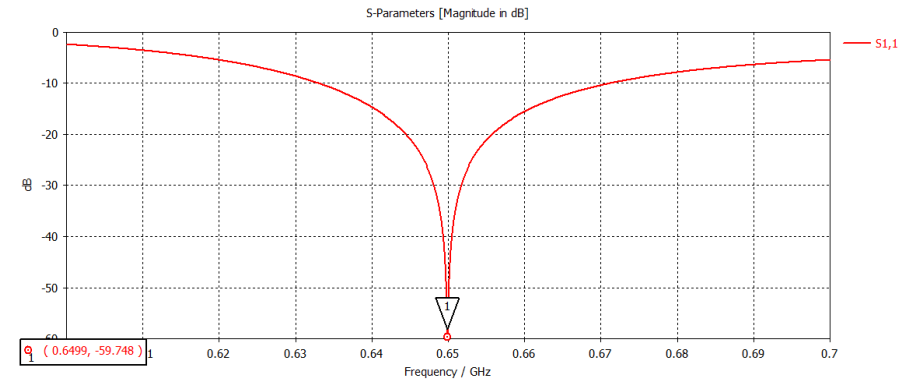
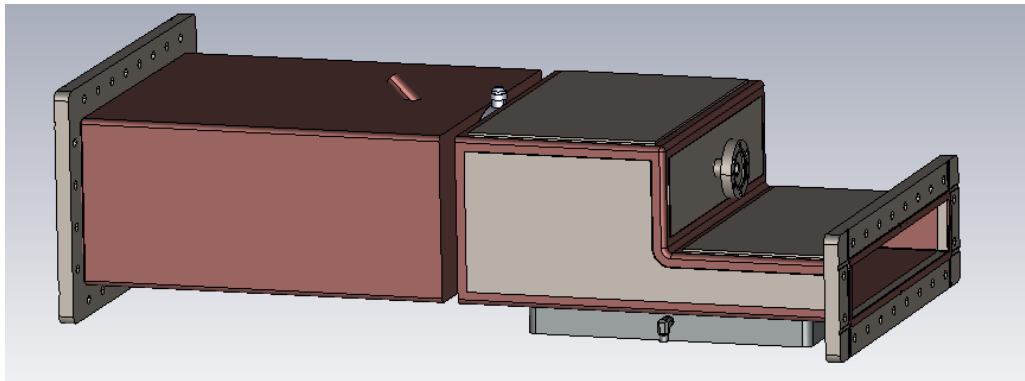
# Mechanical drawing

- 完成腔串的第一版制图，完成聚焦线圈的第一版制图。
- 下一步将完成MBK整体估价，并完成电子枪和收集极的第一版制图。



# Test stand for MBK window

- 输出窗测试台已完成制图后的复算和修改，目前图纸已经全部确认完成，准备开始加工。



# Future plan

- ◆1月份完成MBK报价，启动采购合同
- ◆在电子枪和收集极制图完成后（MBK第一版制图完成），进行工艺设计评审
- ◆3月1日开始工程图绘制
- ◆4月1日-9月30日，零部件加工
- ◆10月1日-12月31，总装焊接和排气

***Thanks for your attention!***