

# STCF 对撞环物理与真空系统讨论会

## 会议纪要

会议时间： 2025 年 4 月 23 日 9: 00 - 12: 00

腾讯会议： 805-118-663

线下会议室： 西区科技实验楼东楼 1603

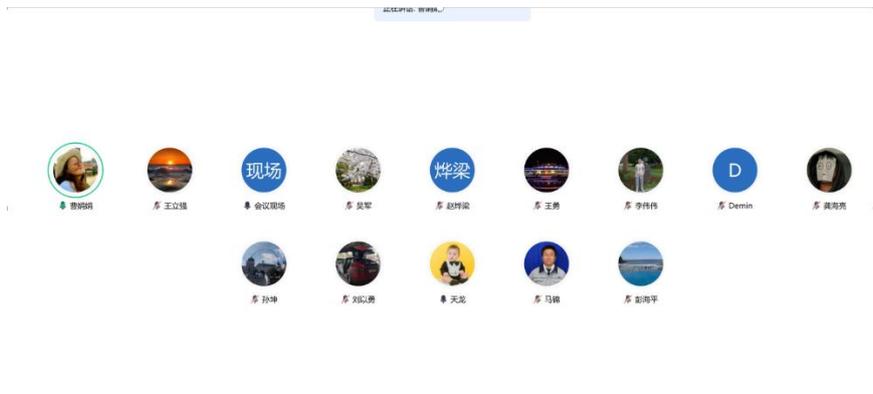
会议主持： 邹野

会议整理： 莫铨豪

参与人员：

线下参加： 唐靖宇、邹野、孙坤、张林浩、莫铨豪、Kazuhito Ohmi、鲍捷聪

线上参加： 殷立新、王勇、彭海平、李伟伟、何天龙、吴军、周德民、刘以勇、马锦、王立强、赵焯梁、龚海亮



### 会议主要讨论内容：

- 9: 00 对撞环物理方案介绍（邹野， 15'）

邹野：展示了去年物理对真空提出的要求，今天会进行讨论新的参数需求；介绍了 v4.3 版 lattice 布局和光学函数以及基本参数；介绍了 v4.3 关键参数表；介绍了湖区、直线段、交叉段、阻尼扭摆磁铁段的 FODO cell，介绍了阻尼扭摆器的参数。

孙坤：真空分区、孔径等信息可以画张全环示意图。

殷立新：需要物理结合束流清晰区、磁铁孔径、壁厚定出管道孔径，根据物理给出的参数真空系统开始初步工作。

● 9: 15 对撞环束流清晰区要求以及中心束流管尺寸 (张林浩, 15')

张林浩: 介绍了束流清晰区的定义, 一般对撞区清晰区大于湖区, BEPC II 对撞区清晰区为  $15\sigma + 2\text{mm}$  闭轨残差, 非对撞区水平方向清晰区为  $10\sigma + 10\text{mm}$ , 垂直方向为  $10\sigma + 5\text{mm}$ ; 新一代对撞机对束流清晰区要求更严格; 存在大小关系: 磁铁内径大于好场区大于清晰区; 展示了 2GeV 和 3.5GeV 时按 5%耦合对撞区 MDI 束流清晰区变化图; 目前非对撞区束流清晰区沿袭 BEPC II 定义; 介绍了 MDI 与中心束流管磁铁孔径变化以及结构、材料信息。

唐靖宇: 对撞区 3.5GeV 时发射度大, 需要优化, 可以尝试改变对撞区  $\beta$  函数; 非对撞区束流清晰区不需要考虑闭轨偏差或偏差改为 1~2mm;

孙坤: 同步辐射对谱仪有无影响, 是否会打到中心铍管; 真空室设计需要物理提供磁铁的截面图或三维图。

邹野: 可以提供磁铁三维设计图。

张林浩: 同步辐射没有直接打到铍管, 会打到铍管边上的过渡段。

殷立新: 能不能给出全环各区间, 束流清晰区沿着单元的变化结果; STCF 初期调束时 不加矫正铁, 会有较大闭轨误差, 需要保证系统安全; 运行时假如束流轨道突然变化, 发生偏差时, 会对器件造成损害, 需要物理提供一个阈值, 偏差超出阈值则进行机器保护引出束流。

唐靖宇: 初期调束时束流较弱, 不会对环中元器件造成损坏。

● 9: 30 阻抗与集体效应对真空室材料、结构以及真空度要求 (李伟伟, 20')

李伟伟: 介绍了电阻不稳定性简单模型公式估算, 结合调研, 主真空室材料选铝和铜; 阻抗设计要求环中的过渡段尽可能平缓; 展示了短程纵向围场粗略计算结果, STCF 微波不稳定性阈值的结果比较临界, 需要控制阻抗; 展示了离子俘获临界原子质量计算结果, 对撞区附近非常容易发生俘获, 需要控制填充的 gap, 即加入空 bucket, 多等分填充时离子俘获积累存在上限; 展示了不同等分填充时离子俘获积累上限的结果; 展示了快离子效应模拟结果, 不同等分的不稳定性增长率不同, 1gap 时增长率很高很难压制, 4 等分时可以用  $5000\text{s}^{-1}$  的 feedback 压制, 希望真空度能达到 1 nTorr; 电子云效应模拟, 根据 Ohmi 老师 SuperKEKB 和 STCF 模拟结果, 两者结果相近, 甚至 STCF 的结果更严重, SuperKEKB 采用加前室、螺线管线圈采用较弱的场等措施, SCTF 可以采用类似措施。

唐靖宇: 我们需要几个 gap, 你倾向是多还是少?

李伟伟: 目前模拟比较粗略, 需要真空度分布来看, 真空不好就可能要多 gap, 倾向是 gap 多的结果好。

殷立新: 阻抗和真空室内表面材料深度或者壁厚有没有关系, 需要物理给出定量

的关系。

李伟伟：壁厚肯定超过趋肤深度，镀膜不一定。

何天龙：趋肤深度可以有简单公式计算，但阻抗和镀膜的电导率、膜厚也有关系，后续可以研究，当前暂时给不出具体数据。

唐靖宇：物理这边现阶段可以参照别的机器给镀膜先提个基本的参数要求，列出每段分别镀什么膜。

殷立新：离子俘获与压强和气体成分有关，不同气体成分需要物理提出定量需求。

唐靖宇：物理不能给对不同气体成分的要求，只能给出一个等效压强的要求。

殷立新：不同区域的压强要求不同，需要物理给出哪些区域对真空要求高。

李伟伟：对撞区的真空要求较高。

邹野：快离子效应研究中分成不同的 gap，是不是总的填充比例不变。

李伟伟：是的，总的束团数是按全填充的 90%考虑。

孙坤：快离子效应和电子云效应，是否对真空室有特殊处理，不同区域不同措施需要给出。

唐靖宇：离子效应需要全段处理，电子云比较复杂一点参考 SuperKEKB 的措施。

殷立新：负电子环有没有特殊要求。

李伟伟：负电子环没有特殊镀膜材料要求。

#### ● 9：50 中心束流管阻抗计算（何天龙，15'）

何天龙：介绍 IPChamber 阻抗计算结果；介绍了中心束流管的结构和材料；根据损失因子计算了束流能量沉积的功率，单环约 36.5w；中心管加上叉管后束流损耗功率达到 780W，主要是叉管结构造成的，需要进行结构优化。

吴军：过渡段处理物理这边有没有建议，目前就是考虑做倒角等措施。

唐靖宇：做成谐波光滑就行。

殷立新：叉管材料内表面有没有要求或特殊考虑？

唐靖宇：皮管中心镀金，其他地方都是镀 10  $\mu$ m 铜或纯铜；中心束流管的设计不需要真空系统负责，真空系统需要从真空度的角度提要求。

殷立新：叉管的平滑过度有没有定量要求，需要物理这边提出指导性意见

唐靖宇：对撞区结构太复杂，无法给出具体数据要求；叉管的斜坡越缓越好，根据设计给出的结果，物理这边再进行计算评估看能不能用。

邹野：对撞点叉管过渡段，物理这面可以给出一个初步结构优化要求，真空优化完成后物理根据优化结果进行阻抗计算，在根据计算结果提出新的要求，进行迭代；其余部分的平滑过渡可以提出相对比较确定的要求，如 Taper 比例 1: 20。

殷立新：除对撞区叉管外，能否给出全环比如 95%以上区域的结构的数据？

唐靖宇：这个可以给。

● 10: 05 束-气散射寿命对真空度要求（莫铨豪， 15'）

莫铨豪：介绍了库伦散射和韧致辐射的 SAD 模拟结果和公式计算结果，库伦散射的量级高于韧致辐射，库伦散射主要发生在 IR 内；真空束流寿命模拟结果和公式计算结果比较接近；根据整体束流寿命随真空度的计算结果，非对撞区真空压强为  $1e-8$  Pa 时，对撞区真空压强要求达到  $1e-7$  Pa，高于  $1e-7$  Pa 时真空散射会显著降低束流寿命；根据理论计算公式， $\beta$  函数较大的位置处对真空度要求会高一些。

殷立新：非对撞区的真空度比较差会怎么样？

唐靖宇：对束流损失率和寿命有影响，非对撞区有些地方如果做不好，比较差的话也认了。

殷立新：气体成分是怎么定义的？

莫铨豪：参考 SPEAR 3 的气体成分，将其等效成 CO。

唐靖宇：等效比例可以发给真空组评估。

孙坤：束流丢失对真空气体负载有没有影响？

唐靖宇：束流集中丢失在准直器上，可能会有气体负载，准直器的位置可能需要单独加泵。

殷立新：寿命计算公式中  $\beta$  函数和 P 相乘， $\beta$  函数指 x 方向还是 y 方向？

莫铨豪：主要指  $\beta_y$ ， $\beta_x$  也有可能丢失。

唐靖宇：丢失在 y 方向上，但可能产生在两个方向都有。

邹野：这一块可以等莫铨豪后续再理解一下再给出结论。

● 10: 20 束流准直器布局与孔径（莫铨豪， 10'）

莫铨豪：介绍了目前准直器的布局参数，包括孔径、位置等信息；介绍了束流损失分布结果。

K. Ohmi：准直器最小孔径是多少？

莫铨豪：目前最小孔径是 7mm。

殷立新：孔径是每个准直器最小孔径，还是正常运行的孔径；能否给出准直器孔径变化范围？

莫铨豪：是正常运行孔径。

唐靖宇：准直器孔径范围以后肯定会给，但目前准直器设计还在随 lattice 设计在变，暂时还没做孔径变化范围的设计。

孙坤：准直器结构设计有具体参数吗？

唐靖宇：准直器机械结构设计由机械那边的王安鑫负责。

● 10： 30 同步光负载（鲍健聪， 15'）

鲍健聪：介绍了对撞区弯铁和弧区弯铁导致的同步辐射；束流从外环注入时，对撞区同步辐射辐射会打到过渡段，不会打到铍管，内环注入则相反；展示了对撞区同步辐射功率密度计算结果；介绍了弧区磁铁参数和偏转角度，以及同步辐射功率计算结果，展示了单块弯铁产生的同步辐射功率密度分布；展示了消色散段、匹配段等辐射功率结果。

孙坤：正负电子环辐射功率和环的设计是否相同？

唐靖宇：两个环除了电子云不稳定性离子不稳定性外全都一样？

殷立新：对撞区功率分布有无考虑轨道偏差；没有 DW 3.5GeV 时的数据吗？

邹野：暂无考虑轨道偏差。

唐靖宇：3.5GeV 下不使用 DW。

殷立新：有没有 DW 沿前向的功率分布？

邹野：这块目前还在计算，后面会给出 DW 功率分布结果。

● 10： 45 对撞环真空设计进展（孙坤， 25'）

孙坤：对比了 STCF 和 SuperKEKB 低能环的参数，能量、流强相近，真空设计可以参考他们；介绍了正电子环左右对称的双侧室结构，可以吸收同步光和利于抽气，电子环使用单侧室；介绍了铝和铝合金、铜和铜合金的材料特性，参考 SuperKEKB 正电子环采用主要铝合金和部分无氧铜，电子环使用无氧铜或铬锆铜；电子云效应需要物理提出措施和要求，可以参考 SuperKEKB 不同位置采用不同结构；阻抗法兰、波纹管、真空泵需要 RF 屏蔽指；抽气系统使用 NEG 分布泵和离子泵相结合；讨论了真空系统所需的设计参数：各个区域每个元件的尺寸；物理对真空度的要求；管道孔径的设置需要保证清晰区和磁铁孔径；真空对束流元件稳定性要求；磁铁模型三维文件和对撞区超导磁铁尺寸需要物理这边提供。

殷立新：轨道整体偏差会导致同步辐射会照到原本照不到的位置，需要考虑；需

要物理提供束流触发机器保护的最大偏差的数据。

唐靖宇：目前还没考虑，后续会考虑。

孙坤：准直器纵向尺寸目前有吗？

唐靖宇：准直器如果会影响真空度度话可能考虑加泵；准直器纵向尺寸目前没有。

殷立新：关于束流元件稳定性的要求，和真空相关的主要是 bpm 稳定性。

孙坤：同步辐射引出怎么设计？

唐靖宇：同步辐射一开始可能放光子挡块，之后可能引出需要留几个引出口，主要是 DW 的功率特别大。

邹野：3.5GeV 时候基本不用 DW，所以 DW 段同步辐射光计算可以按照 2GeV 能量计算。

唐靖宇：两个环管道材料选择以及单侧室、双侧室选择为什么不同，需要给出依据。

孙坤：目前只是初步的想法，后续还要再深入考虑。

● 11： 10 讨论（20'）

唐靖宇：目前给的参数要求可能只是基本要求，以后要求也许会更高。

殷立新：物理这边参数可以迭代，但如果设计基本定型后要再提高代价太大。

唐靖宇：同意，到某个时候会做决断。

K. Ohmi：单束团多束团不稳定性导致的工作点漂移有没有考虑

邹野：目前没有考虑，以后研究一下。

王勇：大家引用的数据都是 ppt 上的，上的是阶段性数据，需要注意。

邹野：物理组将根据今天的讨论结果，近期给真空组提供第二版的输入参数。