



EicC对撞光学设计

王睿儒 杨建成 申国栋 王耿

EicC Collider Lattice Design

WANG Ruiru, YANG Jiancheng, SHEN Guodong, WANG Geng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.37.2019048>

引用格式:

王睿儒, 杨建成, 申国栋, 王耿. EicC对撞光学设计[J]. *原子核物理评论*, 2020, 37(1):40–45. doi: 10.11804/NuclPhysRev.37.2019048

WANG Ruiru, YANG Jiancheng, SHEN Guodong, WANG Geng. EicC Collider Lattice Design[J]. *Nuclear Physics Review*, 2020, 37(1):40–45. doi: 10.11804/NuclPhysRev.37.2019048

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[300MeV质子同步加速器概念设计优化 \(英文\)](#)

Optimization for the Conceptual Design of a 300 MeV Proton Synchrotron

原子核物理评论. 2017, 34(2): 158–163 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.34.02.158>

[CiADS超导直线加速器超导腔失效的分段补偿与冗余设计](#)

Piecewise Compensation and Redundancy Design for Superconducting Cavity Failure of CiADS Linac

原子核物理评论. 2019, 36(1): 62–70 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.36.01.062>

[HIAF-SRing的等时性模式光学设计](#)

Ion Optics Design of the Isochronous Modes for the HIAF/Sring

原子核物理评论. 2018, 35(3): 270–277 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.35.03.270>

[重离子治癌装置4 MeV/u IH型漂移管直线注入器的动力学设计](#)

Design of a 4 MeV/u IH-DTL Injector for Cancer Therapy

原子核物理评论. 2018, 35(1): 34–39 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.35.01.034>

[处于力学不稳定条件下的受激有限核的动力学演化与确定论混沌](#)

Dynamic Evolution of Excited Finite Nuclei under Mechanical Instability and Deterministic Chaos

原子核物理评论. 2020, 37(1): 34–39 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.37.2019053>

[用于SCA ASIC测试的数字读出模块设计](#)

Design of a Digital Readout Module for SCA ASIC Testing

原子核物理评论. 2020, 37(1): 74–81 <https://doi.org/10.11804/NuclPhysRev.37.2019025>

文章编号: 1007-4627(2020)01-0040-06

EicC 对撞光学设计

王睿儒^{1,2}, 杨建成^{1,†}, 申国栋¹, 王 耿^{1,2}

(1. 中国科学院近代物理研究所, 兰州 730000;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: EicC 是中国科学院近代物理研究所计划建造的中国电子-离子对撞机装置, 该对撞机质心能位于 20 GeV 附近, 是研究海夸克的最佳能量窗口, 同时还可研究胶子和价夸克。EicC 对撞粒子为高极化率质子和电子束团, 质子环 pRing 采用八字环设计方案, 可以更好地保持极化质子束团极化率, 电子环 eRing 采用跑道形环设计方案, 可以更好地利用隧道空间。该装置电子束流能量中心值为 3.5 GeV, 电子束 RMS 发射度为水平方向 60 nm-rad, 垂直方向 60 nm-rad, 对撞点 β 函数为水平方向 0.4 m, 垂直方向 0.12 m; 质子束流能量中心值 20 GeV, 质子束 RMS 发射度为水平方向 300 nm-rad, 垂直方向 180 nm-rad, 对撞点 β 函数为水平方向 0.08 m, 垂直方向 0.04 m, 设计亮度 $2 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 。EicC 采用双对撞区非对称光学设计, 通过对 EicC 不同色品补偿方案的研究, 最终确定了弧区加短直线节共同补偿的色品补偿方案; 通过研究对撞点处 β 函数以及对撞点间相移对动力学孔径的影响, 最终得到 pRing 动力学孔径大于 8σ (σ 为束团 RMS 尺寸)、eRing 动力学孔径大于 20σ , 满足大于束团尺寸 6σ 的要求。

关键词: EicC; 对撞机; 对撞光学; 色品补偿; 动力学孔径

中图分类号: O571

文献标志码: A

DOI: 10.11804/NuclPhysRev.37.2019048

1 引言

目前国际上关于核子和原子核中的夸克-胶子结构及量子色动力学 (QCD)^[1] 等一系列物理学前沿课题急需位于不同能区高亮度极化电子-离子对撞机开展相关研究。德国的强子电子环加速器 (HERA) 是世界上首台电子-离子对撞机^[2], 其质子能量达到 920 GeV, 电子能量为 27.5 GeV, 峰值亮度为 $1.5 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 在 1999 年升级完成后积分亮度达到 $100 \text{ pb}^{-1} \text{ a}^{-1}$, 但该机器在 2007 年完成一系列高能量极化束碰撞试验之后由于亮度无法满足电子-离子对撞实验的要求而关闭, 并未再进行后续升级。继 HERA 之后, 世界各研究机构开始计划建设不同能区电子-离子对撞机, 包括: 美国托马斯杰斐逊实验室 (Jefferson Laboratory) 准备建造的 JLEIC 装置^[1], 能量为质子 100 GeV, 电子 10 GeV, 亮度为 $1.0 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$; 美国布鲁克海文实验室 (Brookhaven National Laboratory) 计划建造的 eRHIC 装置^[3], 能量为质子 250 GeV, 电子 20 GeV, 亮度为 $2.7 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$; 德国重离子研究中心 (GSI) 计划建造的 ENC 装置^[4], 能量为质子 15 GeV, 电子 3 GeV,

亮度为 $2.0 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$; 欧洲核子中心 (CERN) 升级计划 LHeC^[5], 该装置能量为质子 7 TeV, 电子 60 GeV, 亮度为 $1.8 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 。

国际同类装置除德国 ENC (Electron-Nucleon collider) 装置外, 其余装置质心能在 40~100 GeV 之间, 是开展胶子性质研究的最佳能量范围, 但核物理除对于胶子的探究之外, 对原子核中夸克的探究也具备非常重要的意义, 而对海夸克研究所需的最佳质心能为 20 GeV 左右, ENC 装置能量不能满足该研究要求, 为了满足这一前沿科学需求, 中国科学院近代物理研究所提出建造位于该能区的中国电子-离子对撞机 EicC, 质子能量为 20 GeV, 电子能量为 3.5 GeV, 对撞亮度为 $2 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 随着我国电子-离子对撞机实验平台的建立, 将得到海夸克研究的最佳能量窗口, 同时还可以研究胶子和价夸克, 提升我国在该领域和相关领域的科研实力和国际地位。本文将从总体布局、亮度理论、对撞区布局、Lattice 设计及动力学孔径等几个方面对 EicC 装置对撞光学展开设计和研究工作。

EicC 总体布局如图 1 所示, EicC 由极化电子枪、SRF Linac-ring、电子环 eRing、极化离子源、iLinac

收稿日期: 2019-09-23; 修改日期: 2019-10-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (11825505)

作者简介: 王睿儒 (1993-), 男, 甘肃通渭人, 硕士, 从事加速器物理研究; E-mail: wangrr@impcas.ac.cn

† 通信作者: 杨建成, E-mail: yangjch@impcas.ac.cn.

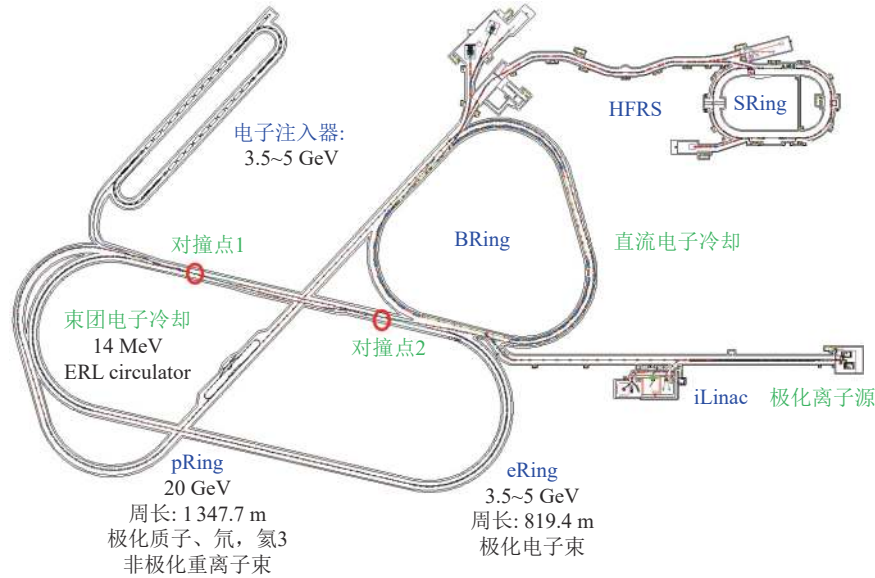


图 1 (在线彩图)EicC 总体布局(电子环布局为跑道形, 质子环布局为八字形, BRing 位于质子环一侧弧区内)

超导直线加速器、BRing 增能器、质子环 pRing 等构成。

EicC 采用质子-电子双极化对撞方案。极化质子束由极化离子源产生, 通过 iLinac 直线加速器、BRing 增能器冷却增能后注入质子对撞环 pRing 进一步冷却加速后进行对撞实验, 质子环 pRing 与 BRing 安装于同一隧道内且间距 3m, BRing 将作为极化质子增能器为 pRing 提供高品质极化质子束, pRing 全长为 1 347.7m, 布局采用八字环结构, 可以保持加速、对撞阶段极化质子束团的极化率^[1], 同时八字环结构可以充分利用 BRing 隧道空间, 降低建设费用; 极化电子由极化电子枪产生, 采用 SRF Linac-ring 为 eRing 提供 3.5 GeV 满能量极化电子束, 电子环 eRing 全长为 819.4m, 由于 BRing 隧道宽度为 8m, 只能够安装 pRing 对撞环, 为了更好地利用 pRing 隧道空间, eRing 布局为跑道环结构。EicC 设计有两个对撞区, 并首次采用插入八字环和跑道环相邻侧长直线节中的设计方案。

2 EicC 提高对撞亮度的措施

亮度是对撞机的关键参数, 是两相互对撞的束团在空间与时间上的四维积分, 我们假定相互对撞的束团粒子分布在横向与纵向分别满足高斯分布, 由于 EicC 采用 Crab cavity 消除交叉角效应的影响, 故在 EicC 亮度计算中可忽略交叉角因子采用 head-on 模式进行亮度^[6]计算, 如式(1)所示:

$$L = \frac{N_1 N_2 f_c}{4\pi \sqrt{\sigma_{1x}^2 + \sigma_{2x}^2} \sqrt{\sigma_{1y}^2 + \sigma_{2y}^2}} \cdot F(\xi). \quad (1)$$

其中: N_1 , N_2 分别表示两对撞束团粒子数; f_c 表示对

撞频率; σ_{1x} , σ_{1y} , σ_{2x} , σ_{2y} 分别表示两对撞束团横向 x 方向和 y 方向束团尺寸且 $\sigma = \sqrt{\epsilon \cdot \beta}$, $F(\xi)$ 表示沙漏效应因子^[7], 本文亮度优化中质子和电子 beam-beam tune shift 值为定值 0.010/0.076。

由亮度公式(1)可知, 可以通过减小对撞点 β 函数、束团发射度, 或增加对撞束团粒子数和提高对撞频率等方法提升亮度; 在发射度、束团粒子数及对撞频率等无法进一步提升时, EicC 对撞光学采用的方法是通过双对撞区光学设计、特殊的色品补偿设计降低对撞点 β 函数来提升亮度。

3 EicC 对撞区布局

为实现前面章节所述物理目标, EicC 需建造接近全立体角覆盖的探测器, 对反应末态 e , μ , π , K , p 等带电粒子以及 γ , 中子等中性粒子进行探测及粒子鉴别。为了实现 EicC 对撞区探测器高灵敏度, 对撞区布局必须考虑减小 eRing 弧区电子同步辐射及 pRing 长直线节质子与残余气体碰撞产生的强子本底, 故对撞区在电子进入的方向应尽量远离 eRing 弧区, 在质子进入的方向应尽量靠近 pRing 弧区^[1]。

EicC 对撞区布局如图 2 所示。对撞点处无原件直线节长度为 5.8m, 主要用于安装中心探测器螺线管。pRing 对撞区各磁铁原件采用超导设计, 为了满足分束及提高下游前向探测器分辨率的要求, 对撞点下游设计有一块长度为 1m、偏转角为 30mrad 的超导二极管, 并在一组强聚焦 Triplet 四极铁之后有一段 5.4m 和一段 15m 的长直线段, 用来安装前向探测装置。两段长直线节中间的二极管是为了进一步提高前向探测器分辨

本领；为了消除前端二极铁所产生的色散确保对撞区之后色散为零，15 m 长直线段之后设计两块二极铁及三块四极铁用于消除色散，该部分也可以用于几何调整以满足与 eRing 进行几何匹配的需求。

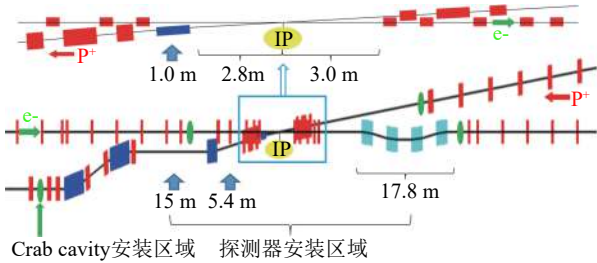


图 2 (在线彩图)EicC 对撞区布局 (IP 表示对撞点位置, 绿色椭圆部分表示 Crab cavity 安装处, 距对撞点相移为 $\pi/2$)

eRing 在出对撞区之后同样设置有一段长 17.8 m 并安装有四台二极磁铁的前向探测器安装段用于安装 eRing 前向探测器。在距对撞点 $\pm\pi/2$ 相移处两环分别设置了可调长度直线节用以安装 Crab cavity。

4 EicC 对撞区光学设计

EicC 对撞模式光学参数如表 1 所列。

表 1 EicC 对撞模式线性光学参数		
参数	pRing	eRing
能量/GeV	20	3.5
磁刚度/(T·m)	69.8	11.7
周长/m	1347.7	819.4
对撞点数	2	
对撞频率/MHz	30	
交叉角/mrad	50	
束团粒子数/ $\times 10^{10}$	10.4	62.5
发射度/ $\epsilon_{x,y}$ / (nm·rad, rms)	300/180	60/60
工作点	18.315/18.300	16.58/16.55
自然色品 ξ_x/ξ_y	-120.5/-95.5	-37.3/-70.4
对撞点 $\beta_{x,y}^*$ 函数/m	0.08/0.04	0.40/0.12
对撞区最大 $\beta_{x,y}^{\max}$ 函数/m	889.0/640.7	191.8/497.3
亮度/($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	2×10^{33}	

EicC 的 pRing 与 eRing 全环磁铁排布如图 3 所示。EicC 对撞区磁铁采用超导四极磁铁。质子环 pRing 全环共有 156 块四极磁铁，76 块二极磁铁，其中弧区四极铁 82 块，二极铁 64 块，偏转半径为 21.5 m；电子环 eRing 全环共有 195 块四极磁铁，88 块二极磁铁，其中弧区四极铁 80 块，二极铁 80 块，偏转半径为 28 m。

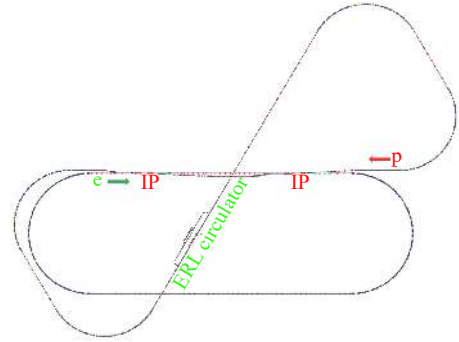


图 3 (在线彩图)EicC 全环磁铁排布 (蓝色、浅蓝色元件为二极磁铁, 红色元件为四极磁铁, ERL 为电子冷却装置)

4.1 pRing 对撞区光学

pRing 全环 β 函数及色散函数如图 4 所示。

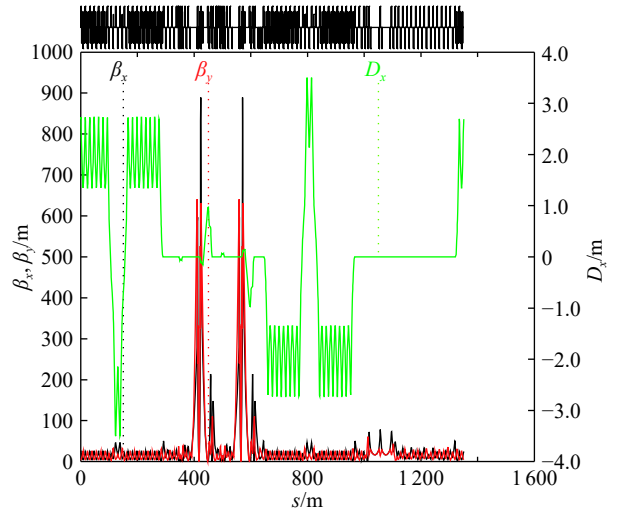


图 4 (在线彩图)pRing 全环光学 (黑色曲线代表 β_x 值, 红色曲线代表 β_y 值, 绿色曲线代表水平方向色散函数 D_x)

为了与 BRing 安装于同一隧道，pRing 八字环弧区采用与 BRing 同样的布局。每个弧区由 8 组相移为 $\mu_{x,y} = (\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2})$ 的 FODO 节结构组成，其中有 2 组 FODO 节用于 β 函数匹配，6 组 FODO 节包含非线性六极磁铁用以进行色品补偿，每台六极铁间隔 2 组 FODO 节组成一个相移为 π 的超周期结构，满足相互抵消六极磁铁非线性效应的要求。

为了增强 y 方向色品补偿能力，EicC 充分利用连接两弧区处的短直线节，采用中心对称非消色散光学设计，包含一组 y 方向色品补偿六极磁铁 ($\Delta\mu_y = \pi$)，以进一步提高 y 方向色品补偿能力，如图 5 所示。

EicC pRing 对撞区光学挑战之一是在满足对撞点 β 函数尽量低地同时保证中心探测器有足够的安装空间， β_{\max} 尽可能低以减小色品补偿压力使得动力学孔径大于

束团尺寸 6σ 。图 6 表示 $\beta_{x,y}^*=(0.08\text{m}, 0.04\text{m})$ 时 pRing 对撞区光学, 对撞区最大 β 函数为 $\beta_{x,y}^{\text{max}}=(889\text{m}, 641\text{m})$, 满足对撞点处完全消色散要求。

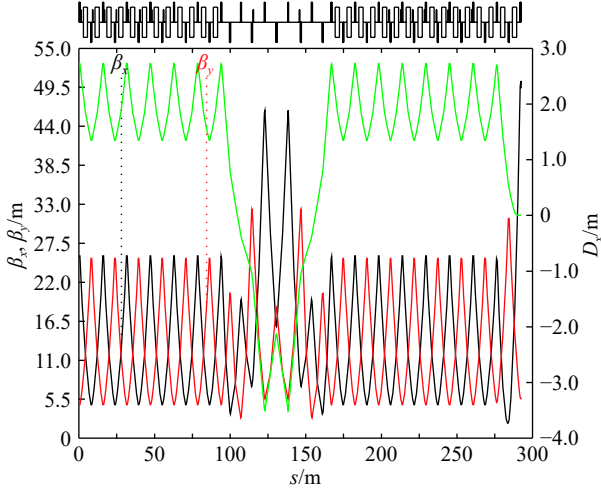


图 5 (在线彩图)pRing 弧区超周期结构光学

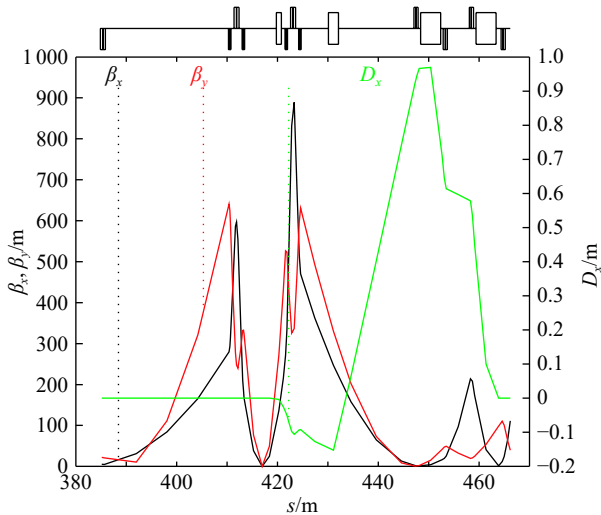


图 6 (在线彩图)pRing 对撞区光学 (红色元件表示四极磁铁, 蓝色元件表示二级磁铁)

对撞区采用超导四极磁铁, 磁场梯度最大为 80T/m , 对撞点之后二级磁铁磁场强度为 2.1T , 偏转角度 30mrad , 以满足对撞点之后 Triplet 所需 10σ 束流清晰区要求, 为后置前向探测器提供 0.1m 色散, 主要目的是提高探测器分辨率。

4.2 eRing 对撞区光学

eRing 全环光学如图 7 所示, eRing 弧区由 20 组相移为 $\mu_{x,y}=(\frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{3})$ 的 FODO 节结构组成, 弧区两端共有 4 组 FODO 节用以满足消色散及 β 函数匹配需求, 中间 16 组 FODO 节包含非线性六极磁铁用以进行色品补偿, 每 6 组 FODO 节组成一个相移为 π 的超周期结构, 以抵消该结构内六极磁铁非线性效应。

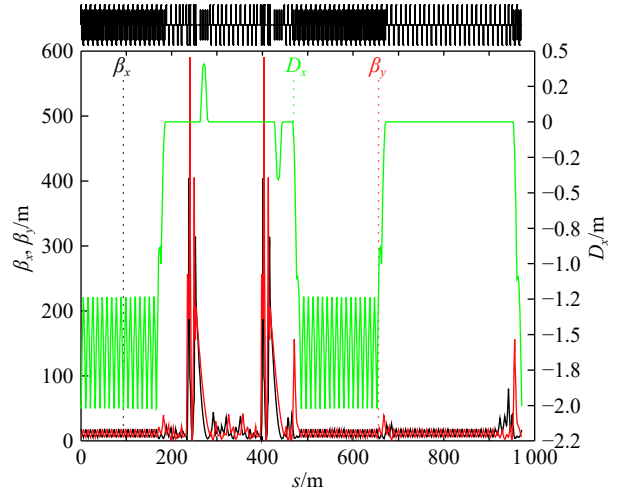


图 7 (在线彩图)eRing 全环光学

图 8 表示 $\beta_{x,y}^*=(0.4\text{m}, 0.12\text{m})$ 时 eRing 对撞区光学, 满足对撞点处完全消色散要求, 对撞区最大 β 函数为 $\beta_{x,y}^{\text{max}}=(192\text{m}, 497\text{m})$ 。对撞区采用超导四极磁铁, 磁场梯度为 17.6T/m , 对撞点之后有一段由二极铁组成的电子对撞产物前向探测器安装区域, 为探测器提供最大 0.4m 色散以提高探测器分辨率, 第一块二极磁铁可以将电子束与其附近的其他带电粒子分离开来, 以便位于其后的探测器探测中心探测器探测不到的对撞产物。

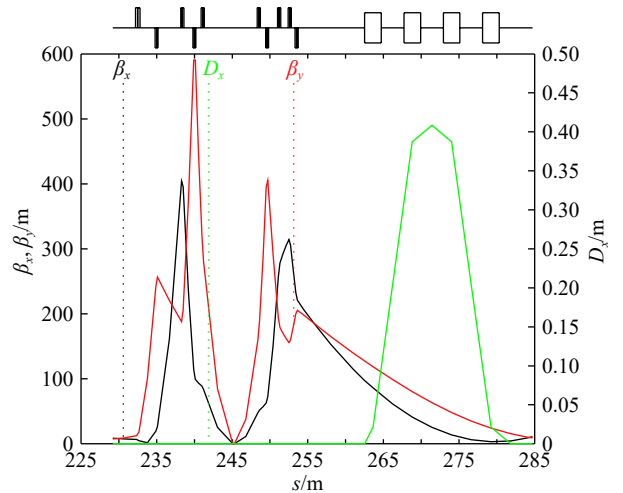


图 8 (在线彩图)eRing 对撞区光学

5 动力学孔径模拟优化

5.1 色品补偿对动力学孔径的影响

由于负的色品会引起束团头尾不稳定性等不稳定性导致束流丢失 [7], 故 EicC 需要进行色品补偿方案设计。pRing 全环设计安装 52 台六极磁铁用于补偿对撞区产生的较大色品, 依次选取 4 种色品补偿模式校正 pRing

色品到零，模式 1 为只选取位于弧区中心四组光学完全对称的 FODO 节六极铁进行色品补偿，模式 2 在模式 1 的基础上增加短直线节处的一组六极磁铁来进一步提高 y 方向色品补偿能力，模式 3 为采用弧区全部六极磁铁进行色品补偿，模式 4 为采用弧区和短直线节区全部六极磁铁进行色品补偿。图 9 所示为各模式下 pRing 动力学孔径，由图中可以看出，选取模式 4 色品补偿方案可以保证动力学孔径最大，大于 8σ ，满足大于束团包络 6σ 的要求。

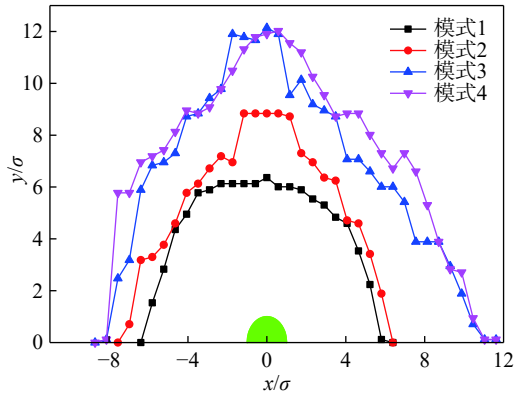


图 9 (在线彩图)pRing 不同色品补偿模式对动力学孔径的影响 (绿色表示束团 RMS 尺寸)

5.2 对撞点 β 函数对动力学孔径的影响

对撞点 β 函数对亮度及动力学孔径的影响至关重要，对撞点处 β 函数越小，对撞区强聚焦 Triplet 处 β 函数越大，对撞环色品越高，补偿色品所需六极铁强度就越高，继而使得动力学孔径就越小。所以在保证亮度的同时尽可能增大对撞点处 β 函数以增大动力学孔径，保证对撞束团运行的稳定性和束团寿命。如图 10 所示为 pRing 不同对撞点 β 函数值对动力学孔径的影响，可以看出，对撞点处 β 函数值选取 $\beta_{x,y}^*=(0.08\text{ m}, 0.04\text{ m})$ 时最优，可以平衡动力学孔径与对撞点 β 函数。

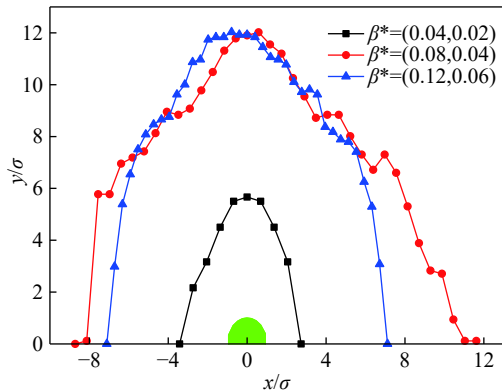


图 10 (在线彩图)pRing 对撞点处不同 β 函数对动力学孔径的影响

图 11 为 eRing 对撞点处不同 β 函数值对动力学孔径的影响，可以看出，选取与 pRing $\beta_{x,y}^*=(0.08\text{ m}, 0.04\text{ m})$ 相匹配的 $\beta_{x,y}^*=(0.4\text{ m}, 0.12\text{ m})$ 时，eRing 动力学孔径大于 20σ ，完全满足要求。

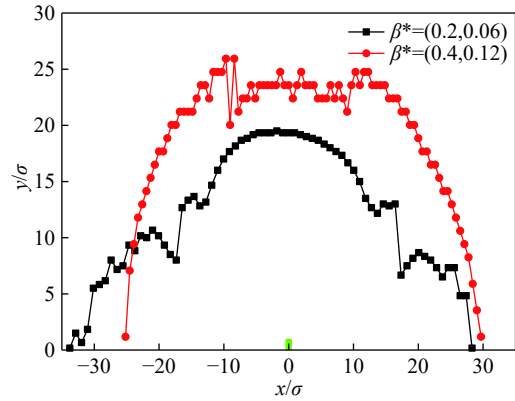


图 11 (在线彩图)eRing 对撞点处不同 β 函数对动力学孔径的影响

5.3 两对撞点相移对动力学孔径的影响

与国际同类装置不同的是，由于 EicC 采用两对撞区位于同一长直线节的非对称设计，故对撞区之间的相移成为影响动力学孔径大小的重要因素。由于两对撞区位于同一段长直线节处，空间紧凑，相移调节困难，故在可调节范围内选取几点可调制的相移作为研究变量观察变化趋势。选取 pRing 对撞点处 β 函数值为 $(0.08\text{ m}, 0.04\text{ m})$ ，保持其余参数不变，调节两对撞点相移，由图 12 可以看出，当相移越靠近 2π 整数倍动力学孔径增大越明显，故最终选取 $\mu_{x,y}=(2.94, 3.00)$ 为 pRing 两对撞点处相移值。

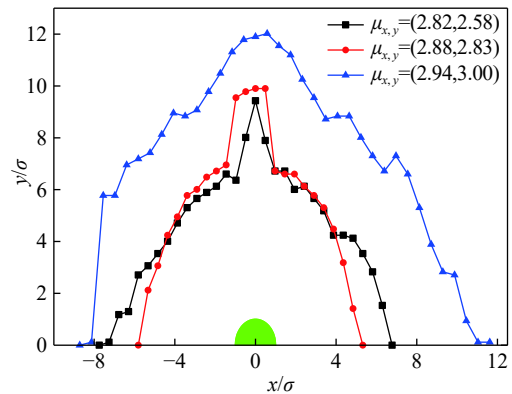


图 12 (在线彩图)pRing 两对撞点不同相移差对动力学孔径的影响

6 结论

EicC 是中国科学院近代物理研究所计划建造的用以研究海夸克、胶子和价夸克等一系列核物理前沿课题

的电子-离子对撞机装置。为了保持对撞束团的高极化率, pRing 采用八字环设计方案; 为了更好地利用隧道空间, eRing 采用跑道环设计方案; 通过匹配八字环与跑道环形成特殊非对称双对撞区布局设计。本文采用 MADX^[8] 设计了 EicC 装置 pRing 和 eRing 对撞模式光学和弧区加有色散短直线节的色品补偿方案, 比较不同色品校正方案、不同对撞点 β 函数值、两对撞点不同相移对动力学孔径的影响, 最终确定 pRing 对撞点 $\beta_{x,y}^* = (0.08\text{ m}, 0.04\text{ m})$, 两对撞点相移为 $\mu_{x,y} = (2.94, 3.00)$, 使得动力学孔径大于 8σ ; eRing 对撞点 $\beta_{x,y}^* = (0.4\text{ m}, 0.12\text{ m})$, 动力学孔径大于 20σ 。本文为 EicC 初步设计方案, 在接下来的工作中将会根据电子同步辐射效应、电子束流发射度与质子束流发射度在对撞点处的匹配、束束相互作用、闭轨校正及高阶场误差等研究进行更进一步的设计工作。

参考文献:

- [1] ZHANG Y, BISOGNANO J. Science Requirements and Conceptual Design for a Polarized Medium Energy Electron-Ion Collider at Jefferson Lab[EB/OL].[2019-09-01]. <http://arxiv.org/abs/1209.0757v2>.
- [2] KLEINA M, YOSHIDAB R. *Progress in Particle and Nuclear Physics*, 2008, 61(2): 343.
- [3] ASCHENAUER E C, BAKER M D, BAZILEVSKY A, et al. eRHIC Design Study[EB/OL].[2019-09-01]. <http://arxiv.org/abs/1409.1633v2>
- [4] MONTAG C, JANKOWIAK A, LEHRACH A, et al. Interaction Region Design for the Electron-Nucleon Collider ENC at FAIR[EB/OL].[2019-09-01]. <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/IPAC10/html/author.htm>.
- [5] CRUZ-ALANIZ E, NEWTON D, TOMAS R, et al. *Physical Review Special Topics-Accelerators and Beams*, 2015, 18(11): 11.
- [6] CHAO A W, TIGNER M. *Handbook of Accelerator Physics and Engineering*[M]. Singapore: World Science Publishing Co, 2002: 77.
- [7] LEE S Y. *Accelerator Physics*[M]. 2nd ed. Singapore: World Scientific, 1999: 85.
- [8] CERN-BE/ABP Accelerator Beam Physics Group. MADX [EB/OL]. [2019-09-01]. <http://madx.web.cern.ch/madx>.

EicC Collider Lattice Design

WANG Ruiru^{1,2}, YANG Jiancheng^{1,†}, SHEN Guodong¹, WANG Geng^{1,2}

(1. Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Electron Ion Collider in China (EicC), a new plan proposed by Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Science to upgrade the HIAF facility, is mainly designed for studying sea quark, gluon and valence quark. The Center Mass Energy of the EicC is near 20 GeV. In order to maintain polarizability of proton bunched beams, the pRing (proton Ring) is designed to have the octave shape layout, while the racetrack layout is adopted by the eRing (electron Ring) to make full use of the tunnel space. For pRing, the proton center energy is 20 GeV, the horizontal and vertical rms emittance is 300 and 180 nm-rad respectively, and the β function at collider point is 0.08 and 0.04m in the horizontal and vertical plane. For eRing, the electron beam center energy is 3.5 GeV, the rms emittance in transversal plane is 60 nm-rad, and the β function at collider point is optimized to be 0.4 and 0.12m in horizontal and vertical direction respectively. As a result, the designed luminosity can achieve $2 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Furthermore, the influence of chromaticity compensation scheme on the Dynamic Aperture (DA), including the compensation patterns, the beta function and the phase advance in the collision points, is also studied. Accordingly, chromaticity compensation scheme is finalized as compensating by arc and short straight sextupoles, the DA of the pRing ($>8\sigma$) and the eRing ($>20\sigma$) can meet the design requirement of the beam size larger than 6σ .

Key words: EicC; collider; lattice design; chromaticity compensation; dynamic aperture

Received date: 23 Sep. 2019; Revised date: 20 Oct. 2019

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (11825505)

† Corresponding author: YANG Jiancheng, E-mail: yangjch@impcas.ac.cn.