



粒子物理前沿卓越中心2020年度考评报告

白莎

中科院高能所 加速器中心

2020年12月5日



个人简历

白莎

2001.9-2005.7 吉林大学物理学院 本科

2005.9-2011.1 中科院高能所 加速器物理 博士

博士论文“ATF2光学系统优化及实验研究”，期间访问LAL和KEK

2011.1-2012.12 中科院高能所 粒子物理与原子核物理 博士后

2012.12-至今 中科院高能所 加速器中心

主要从事**CEPC对撞区MDI**加速器物理研究

期间访问KEK和LAL，进行MDI加速器物理设计及优化研究

2019年参加卓越中心青年骨干考评，获“青年优秀人才奖”



主要研究方向及2020年工作

主要研究方向

- CEPC对撞区MDI加速器物理

加速器和探测器的接口（Machine-detector interface (MDI)）是CEPC设计里最具挑战性的领域之一，它是衡量加速器和探测器设计性能好坏的标准之一。

- 负责完成CEPC加速器概念设计中MDI加速器物理设计、束流损失本底及挡板设计，通过了国际评审，获得评审专家的好评。该工作是CEPC MOST1项目中重要组成部分。
- 提供了CEPC MDI关键部件物理设计参数（超导铁、真空盒、挡板…），成为样机设计的依据。

2020年主要工作

CEPC高亮度模式下，MDI加速器物理设计；

基于概念设计报告，面向TDR，与加速器技术各系统、探测器方面达成自洽方案。

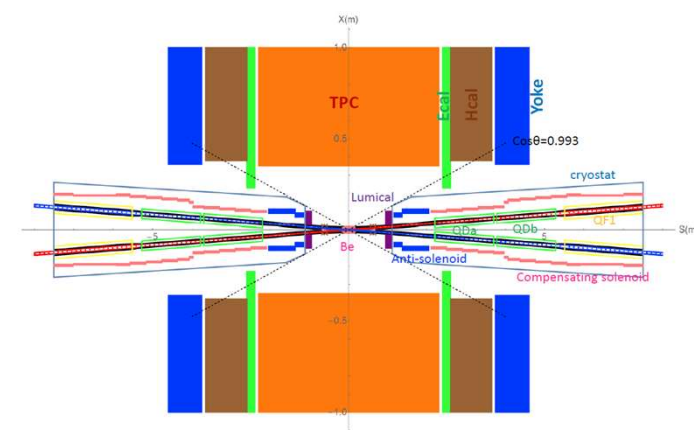


对撞区束流轨迹与超导铁物理设计参数

- ✓ 对CEPC双环对撞区整体束流清晰区与束流轨迹进行核算与绘图
- ✓ 计算对撞区超导磁铁的好场区，为对撞区超导磁铁提供物理设计参数。
- ✓ 为了减小探测器本底和束流损失引起的辐射剂量，对撞区真空盒的设计应该能容纳尽可能大的束流清晰区，为对撞区真空盒提供物理设计。

Q1a	水平束流清晰区	垂直束流清晰区	正负电子束流中心
	2 (18 σ +3)	2 (22 σ +3)	间距
入口	9.15 mm	12.89 mm	62.71 mm
磁长度的1/2处	10.37 mm	14.61 mm	82.84 mm
出口	12.13 mm	15.21 mm	102.64 mm
所需好场区范围	水平方向12.13 mm; 垂直方向15.21 mm		
磁铁有效长度	1.21m		
线圈起点距离IP	1.9m		
最高磁场梯度	141T/m		
Q2	水平束流清晰区	垂直束流清晰区	正负电子束流中心
	2 (18 σ +3)	2 (22 σ +3)	间距
入口	19.66 mm	13.21 mm	155.11 mm
磁长度的1/2处	23.02 mm	12.00 mm	179.87 mm
出口	24.14 mm	11.60 mm	204.62 mm
所需好场区范围	水平方向24.14 mm; 垂直方向13.21 mm		
磁铁有效长度	1.5m		
线圈起点距离IP	4.7m		
最高磁场梯度	94.8 T/m		

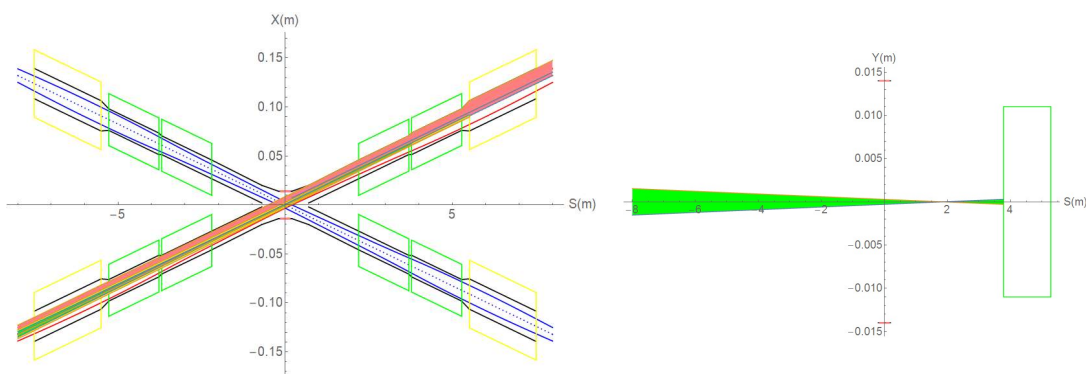
Q1b	水平束流清晰区	垂直束流清晰区	正负电子束流中心
	2 (18 σ +3)	2 (22 σ +3)	间距
入口	12.41 mm	15.22 mm	105.28 mm
磁长度的1/2处	14.84 mm	14.88 mm	125.41 mm
出口	17.92 mm	13.87 mm	145.21 mm
所需好场区范围	水平方向17.92 mm; 垂直方向15.22 mm		
磁铁有效长度	1.21m		
线圈起点距离IP	3.19m		
最高磁场梯度	84.7T/m		





对撞区同步辐射

- ✓ 同步辐射光子会引起对撞区真空盒热负载，并且会引起探测器实验的光子本底，辐射剂量会造成探测器的损伤。
- ✓ 针对对撞区二极铁和四极铁引起的同步辐射光子临界能量和功率进行了模拟计算，为同步辐射光的屏蔽提供依据，并通过在上游弧区设置挡板，使得对撞区超导四极铁产生的同步光避开对撞点真空盒区域，从而保护探测器。
- ✓ 来自对撞区上游最后一块二极铁的同步辐射对对撞区真空盒的受光功率，进行模拟计算，确定是否需要加水冷以及超导磁铁的保护。
- ✓ 分别对 $t\bar{t}$ ，Higgs，Z能量下的对撞区二极铁同步辐射进行计算比较评估。



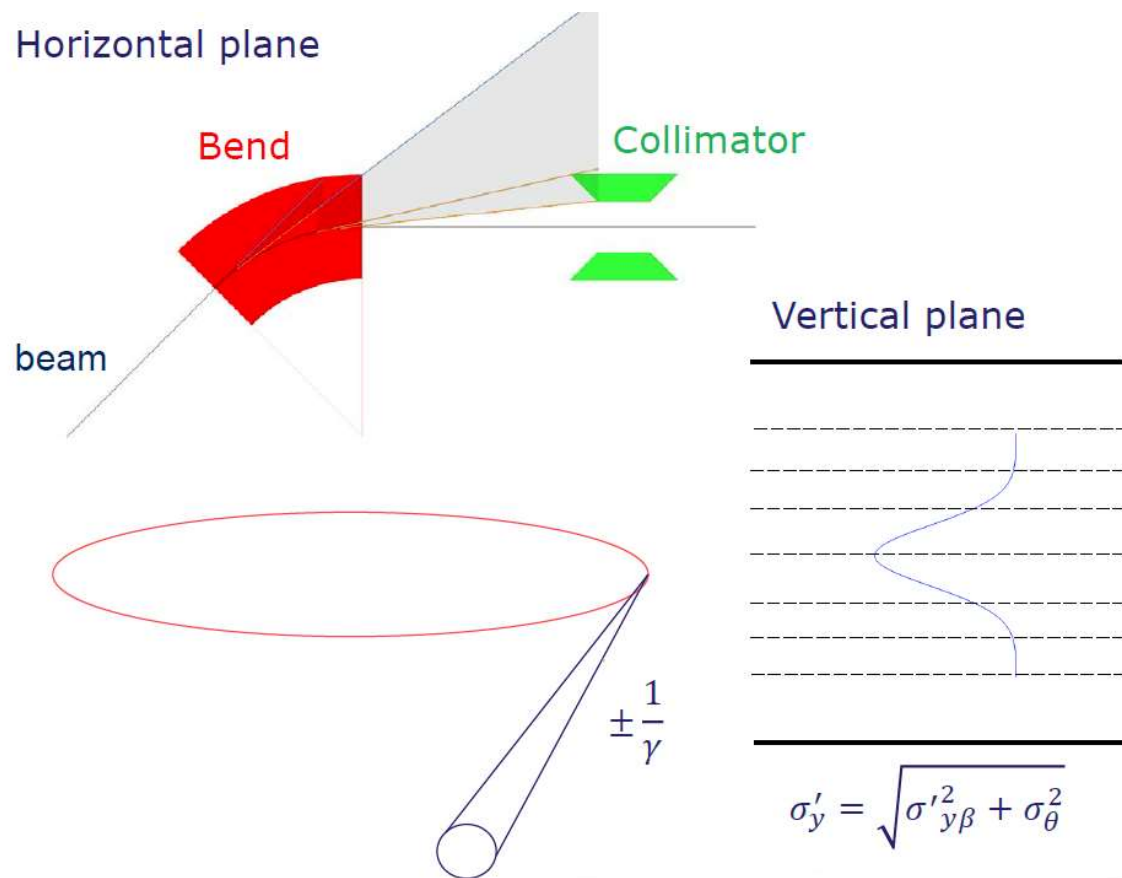
		Higgs	tt	Z
	tt	Higgs($\beta y=1\text{mm}$)	Z	
QD0_SR_power_X (W)	157.6	80.9	3.6	
QD0_SR_power_Y (W)	83.4	40.3	4.7	
QD0_critical_ener gy_X(KeV)	1711.4	458.7	33.5	
QD0_critical_ener gy_Y(KeV)	942.3	271.2	22.4	
QF1_SR_power_X (W)	23.9	245.9	9.0	
QF1_SR_power_Y (W)	2.5	187.5	1.2	
QF1_critical_ener gy_X(KeV)	604.9	428.3	42.5	
QF1_critical_ener gy_Y(KeV)	163.4	613.5	12.7	

Name	Higgs	tt	Z
BMV01IRU	25.3keV	146.3keV	2.5keV
BMV02IRU	108.4keV	268.6keV	4.7keV
BMV03IRU	103.9keV	365.4keV	6.4keV
BMV1IRU	0	0	0
BMV2IRU	195.7keV	606.37keV	10.7keV
BMV3IRU	195.7keV	606.37keV	10.7keV
BMV01IRD	36.6keV	293.4keV	5.3keV
BMV02IRD	298.3keV	183.3keV	12.3keV
BMV03IRD	222.0keV	820.1keV	14.7keV
BMV1IRD	0	0	0
BMV2IRD	465.7keV	1444.59keV	25.4keV
BMV3IRD	465.7keV	1444.59keV	25.4keV



挡板设计的同步辐射

- ✓ 来自上游弧区的二极铁的同步辐射会在挡板处形成热沉积。同步辐射的临界光子能量与功率的计算和模拟。
- ✓ 同步辐射在水平平面上均匀分布，垂直平面上高斯分布的分析与模拟。
- ✓ 同步辐射光子垂直方向上角散度的计算。
- ✓ 为挡板的机械设计提供物理依据。

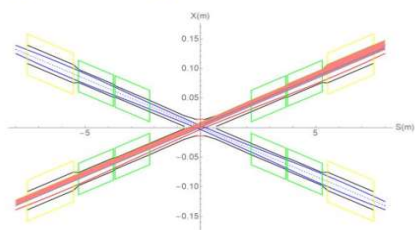




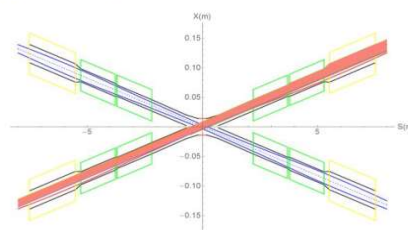
对撞区正常与极端情况下同步辐射热负载

- ✓ 与探测器方面讨论制定束流管设计方案，各个版本 (>10) 设计，对CEPC对撞区同步辐射产生的热负载在正常情况下和极端情况下分别进行分析计算。
- ✓ 分析计算光子张角分布，以及束流角度和位置发生变化时对同步光热负载的影响；同步辐射平均功率密度的计算和绘图。
- ✓ 为加速器及探测器机械设计提供物理依据。

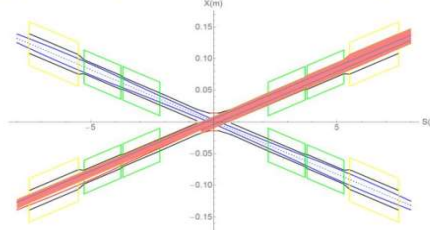
(a) Beam angle offset 0~-2mrad



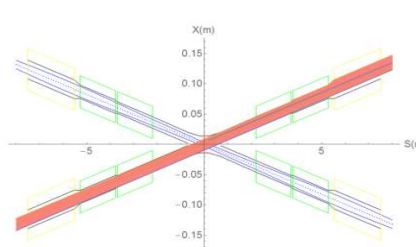
(c) Beam position offset 0~+5mm



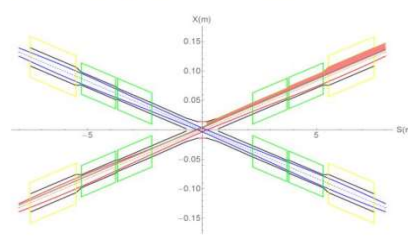
(e) Beam position 0~+5mm+angle offset



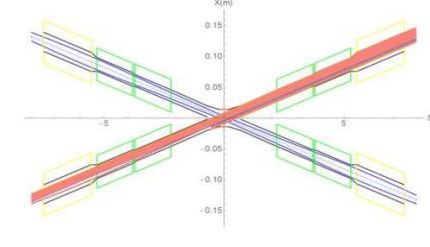
(b) Beam angle offset 0~+0.115mrad



(d) Beam position offset 0~-5mm



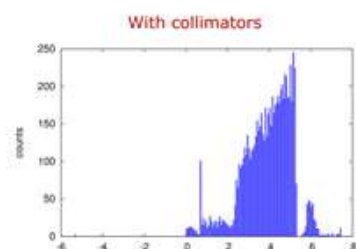
(f) Beam position 0~-5mm+angle offset





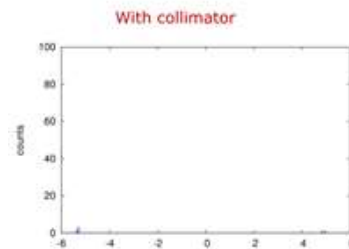
对撞区束流损失本底热负载

- 根据CEPC损失粒子本底的四个主要来源：辐射巴巴散射、束致辐射、束气非弹性散射、束流热光子散射在对撞区的丢失粒子分布情况，分别计算其在对撞区束管上的能量沉积和发热功率，为磁铁、机械设计人员提供物理依据。



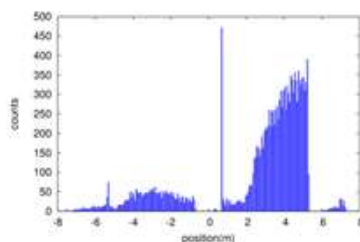
RBB

- Heat load power on Be pipe (IP~0.125m) ~6.7mW.
- Heat load power on the detector pipe (0.125m~0.7m) ~0.024W.
- Heat load power on beam pipe(0.7m~2.2m) ~0.17W.
- Heat load power on beam pipe(QDa~QDb) ~2.13W.
- Heat load power on beam pipe(QDb~QF1) ~0.01W.
- Heat load power on beam pipe(QF1) ~0.26mW.



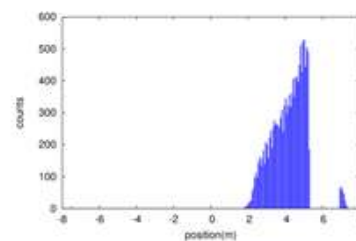
BS

- Heat load power on Be pipe (IP~0.125m) ~0W.
- Heat load power on the detector pipe (0.125m~0.7m) ~0W.
- Heat load power on beam pipe(0.7m~2.2m) ~0W.
- Heat load power on beam pipe(QDa~QDb) ~3.8uW.
- Heat load power on beam pipe(QDb~QF1) ~3.8uW.
- Heat load power on beam pipe(QF1) ~0W.



BG

- Heat load due to BG loss on Be pipe (IP~0.125m) ~0W.
- Heat load due to BG loss on the detector pipe (0.125m~0.7m) ~4.8uW.
- Heat load power on beam pipe(0.7m~2.2m) ~4.2uW.
- Heat load power on beam pipe(QDa~QDb) ~5.9uW.
- Heat load power on beam pipe(QDb~QF1) ~0.5uW.
- Heat load power on beam pipe(QF1) ~3.7uW.



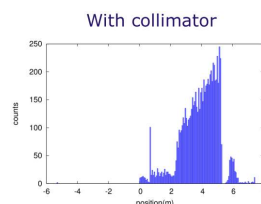
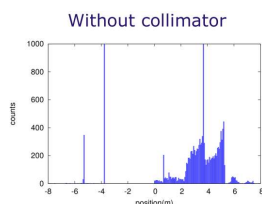
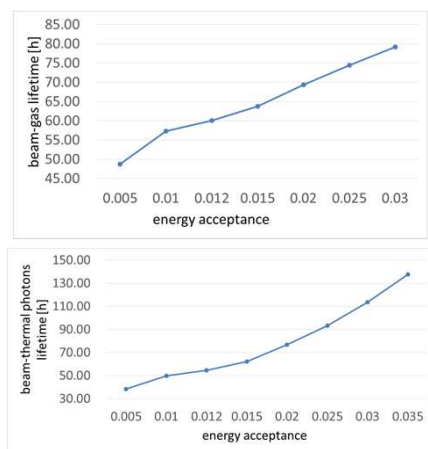
BTH

- Heat load due to BTH loss on Be pipe (IP~0.125m) ~0W.
- Heat load due to BTH loss on the detector pipe (0.125m~0.7m) ~0W.
- Heat load power on beam pipe(0.7m~2.2m) ~1.2uW.
- Heat load power on beam pipe(QDa~QDb) ~1.8uW.
- Heat load power on beam pipe(QDb~QF1) ~0.6uW.
- Heat load power on beam pipe(QF1) ~0.66uW.

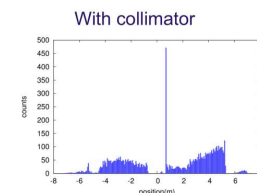
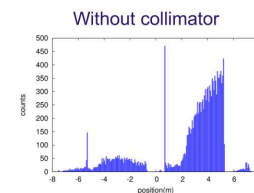
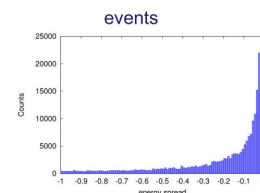


高亮度模式下束流损失本底及挡板设计

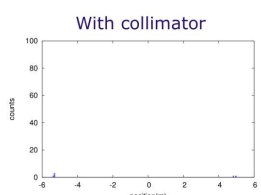
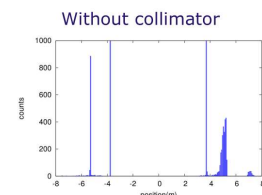
- ✓ 计算不同束流损失机制引起的束流寿命，从而确定对撞区主要束流损失本底的机制来源。
- ✓ 束流本底的模拟及相应的挡板设计，为探测器本底评估提供信息，为探测器的屏蔽保护提供依据。



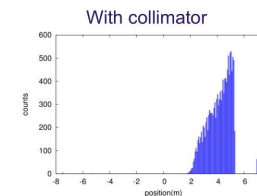
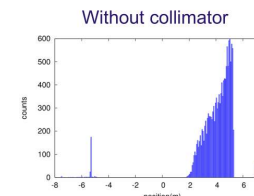
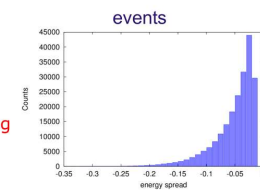
Radiative
Bhabha
scattering



BG



Beamstrahlung



BTH



束气散射本底的挡板优化设计

- 在高亮度模式下，针对束气散射在对撞区叉管处丢失量高，容易造成探测器二次散射本底的问题，优化相应的挡板设计，在对撞区附近设计新的挡板，为探测器取数实验提供干净的环境和保护探测器避免辐射损伤。

name	Position	Distance to IP/m	Beta function/m	Horizontal Dispersion/m	Phase	BSC/2/m	Range of half width allowed/mm
APTX1	D1I.785	2388.31	100.99	0.2	384.11	0.00181	1.81~8.42
APTX2	D1I.787	2325.75	100.99	0.2	384.36	0.00181	1.81~8.42
APTY1	D1I.791	2075.48	19.52	0.1995	387.46	0.003348	0.079~3.3
APTY2	D1I.793	2012.92	19.52	0.1995	387.71	0.003348	0.079~3.3
APTX3	D1O.5	1856.35	101.95	0.20	6.877	0.00182	1.82~8.45
APTX4	D1O.7	1918.92	101.95	0.20	7.127	0.00182	1.82~8.45
APTY3	D1O.10	2075.33	101.95	0.1	7.75	0.00182	0.182~3.67
APTY4	D1O.16	2388.17	101.95	0.1	9.00	0.00182	0.182~3.67
APTX5	DMBV01IRU0.1	17.4	510.83	0	390.87	0.015	4~15



CEPC加速器与探测器接口相关工作

- 参加CEPC-CIPIC MDI合作组，与沈阳慧宇真空公司的相关负责人员讨论设计CEPC对撞区真空盒远程连接工具RVC。
- 与探测器相关人员经过数次讨论，修改并完善对撞区束管设计。
- 与探测器相关人员进行亮度探测器与加速器元件空间冲突问题、准直精度问题的讨论，并商量解决方案。
- 与加速器机械相关人员讨论准直器与对撞区支撑系统的研制，提供物理参数。
- 与加速器束测相关人员讨论IP BPM的研制，并提供物理参数。
- 与加速器真空相关人员讨论对撞区加速器段真空盒的研制，并提供物理参数。
- 与加速器低温相关人员讨论对撞区低温恒温器的设计，并提供物理参数。
- 与高频相关人员讨论对撞区高次模吸收器的研制，并提供物理参数。



国内外会议报告及文章发表

参加会议并作口头报告

- Mini-Workshop: Accelerator-Machine Detector Interface for Future Colliders, 2020.01, 口头报告
- IAS Program on High Energy Physics(Hongkong), 2020.01, 口头报告
- CEPC MDI Workshop, 2020.05, 口头报告
- Workshop on Detector & Accelerator Mechanics, 2020.08, 口头报告

发表文章

- **Sha Bai** et al., “Synchrotron radiation in terms of accelerator for CEPC MDI”, *International Journal of Modern Physics A* Vol. 35(2020) 2041004.



主持与参与的基金课题

项目名称	项目类别	项目经费	本人角色	起止时间
CEPC局部双环对撞区挡板系统设计	国家自然科学基金青年课题	22万	主持，CEPC对撞环的挡板设计研究	2017-2019
高能环形正负电子对撞机相关的物理和关键技术预研究（CEPC MOST1）	国家重点研发计划	3600万	负责CEPC MDI加速物理设计；项目骨干	2016-2021
未来高能前沿正负电子对撞机	中科院前沿科学重点研究计划	300万	主要人员	2017-2021
未来大型环形对撞机关键物理问题研究	国家自然科学基金面上课题	73万	主要人员	2016-2019



学术服务

- 审稿IAS2020文章一篇
- 协助完成CEPC MDI关键物理与技术问题的2020年重点项目基金撰写、申请工作。
- 撰写CEPC国家重点研发计划项目1的各季度简报、年度及中期进展报告和科技报告
- 参加CEPC加速器物理及MDI相关的例会和讨论会



总结

- **主要研究方向：** CEPC对撞区MDI加速器物理

加速器和探测器的接口（Machine-detector interface (MDI)）是CEPC设计里最具挑战性的领域之一，它是衡量加速器和探测器设计性能好坏的标准之一。

- 负责完成CEPC加速器概念设计中MDI加速器物理设计、束流损失本底及挡板设计，通过了国际评审，获得评审专家的好评。该工作是CEPC MOST1项目中重要组成部分。
- 提供了CEPC MDI关键部件物理设计参数（超导铁、真空盒、挡板…），成为样机设计的依据。

- **2020年主要工作**

- CEPC高亮度模式下，MDI加速器物理设计；
- 基于概念设计报告，面向TDR，与加速器技术各系统、探测器方面达成自洽方案。
- 以第一作者发表期刊文章1篇。参加国内外会议并作口头报告4次。
- 2019年参加卓越中心青年骨干考评，获“青年优秀人才奖”。



感谢各位评委老师