



(中国) 未来对撞机研究进展

刘建北



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

中国物理学会高能物理分会第十四届全国粒子物理学术会议

山东大学, 青岛

2024年8月17日

说明和致谢

- **本报告的主要内容来自于杨海军和彭海平两位老师在13日高能物理战略研讨会上分别做的关于CEPC和STCF项目的进展报告：**
 - <https://indico.ihep.ac.cn/event/21331/contributions/160965/attachments/80675/101202/4-高能物理战略研讨-CEPC-2024-杨海军.pdf>
 - <https://indico.ihep.ac.cn/event/21331/contributions/160964/attachments/80674/101201/3-STCF-战略研讨会-彭海平.pdf>
- **大家可以阅读上述两个报告，获得关于CEPC和STCF项目进展的全部细节。**
- **本报告使用了以上两个报告中的很多透明片（报告中不再一一指出），在此感谢两位老师！**

新时代的高能物理

- **希格斯粒子的发现标志着高能物理进入了一个新时代**

- 补全了最后一块拼图，标准模型变成了标准理论
- 但仍有很多未解决的根本问题：暗物质与暗能量、正反物质不对称、等级差、味结构、基本相互作用的统一、引力量子化 ...

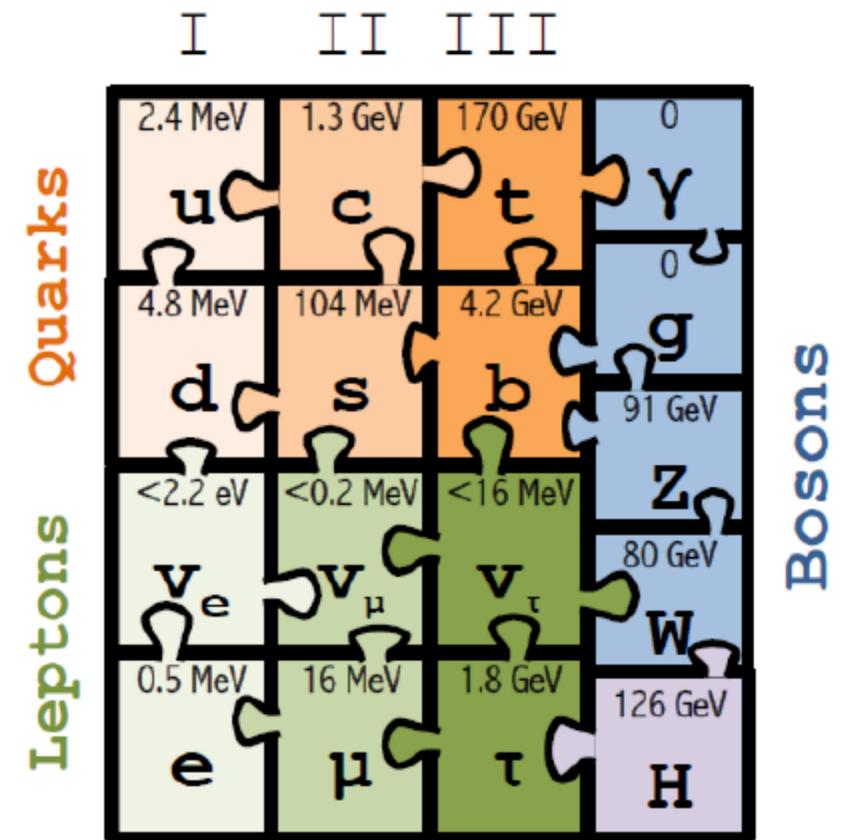
→ **标准模型不是一个基本理论！**

- **高能物理在新时代的使命：超越标准模型！寻找新物理！**

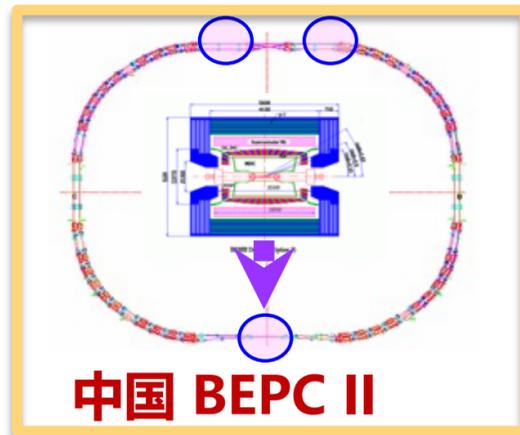
- **没有确定的理论指导，新物理也许在更高能标上，或者在微弱效应中。**

- **高能量：** 通过在高能区产生新粒子和新现象直接发现新物理

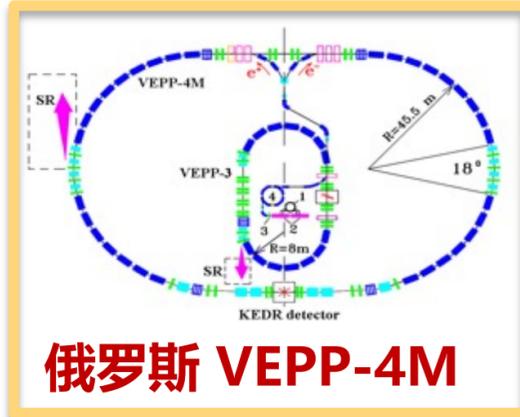
- **高精度：** 通过对重味夸克和轻子以及玻色子等的精确测量发现新物理迹象



基于加速器的高能物理实验



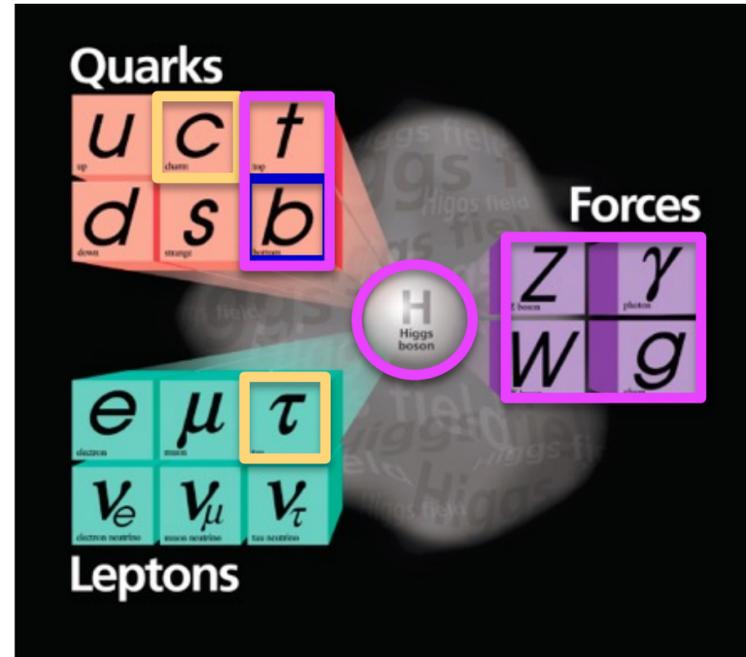
中国 BEPC II



俄罗斯 VEPP-4M



日本 SuperKEKB



欧洲 LHC

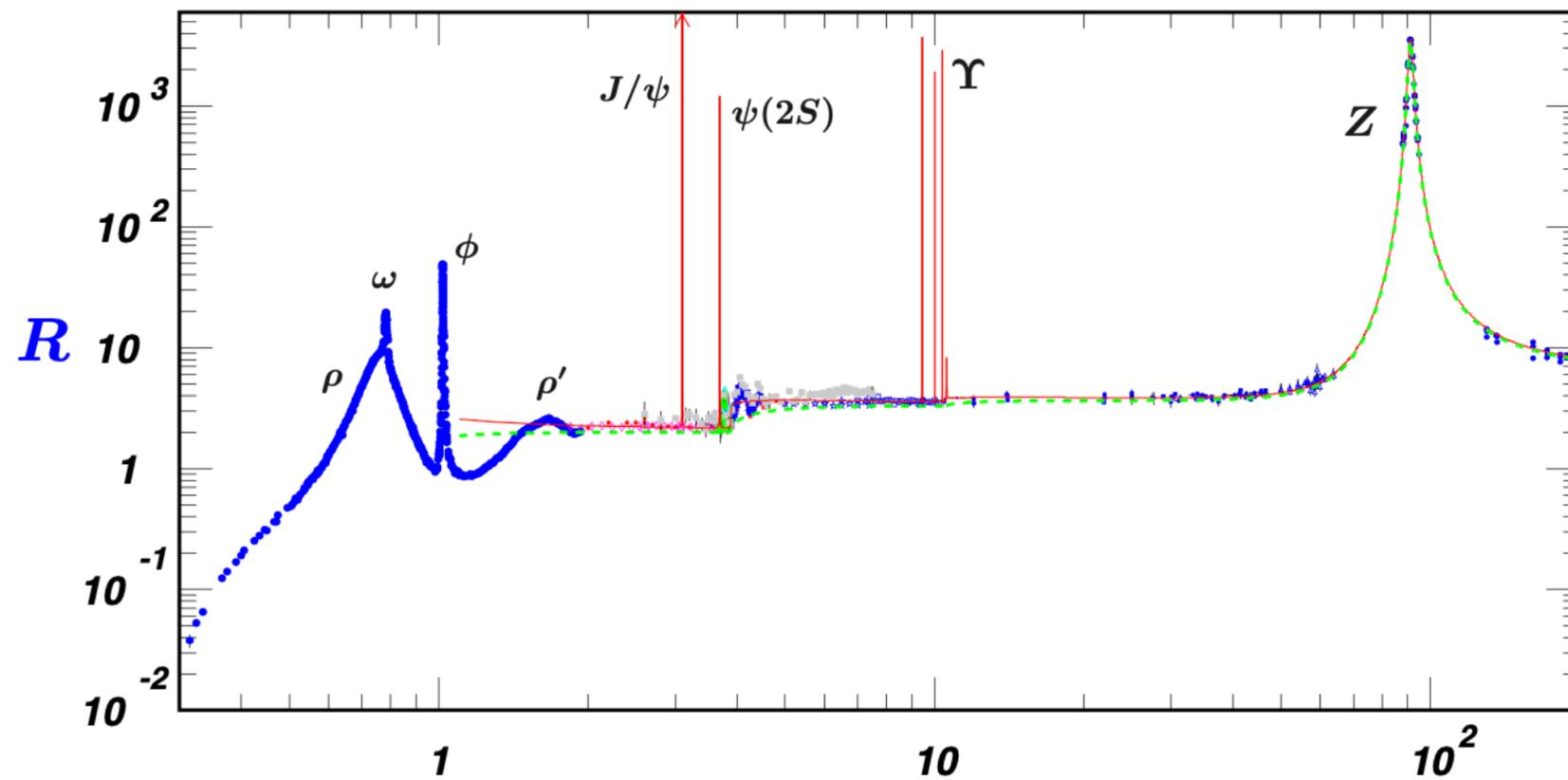


高精度前沿: 强子结构、奇特物质态、强相互作用本质、味物理与CP破坏...

高能量前沿: 质量起源、电弱对称破缺本质、Higgs新物理、超对称、暗物质、宇宙演化 ...

面对新时代高能物理的挑战, 需要在高能量、高精度前沿进行多维度探索!

我国在高能量、高精度前沿的未来对撞机

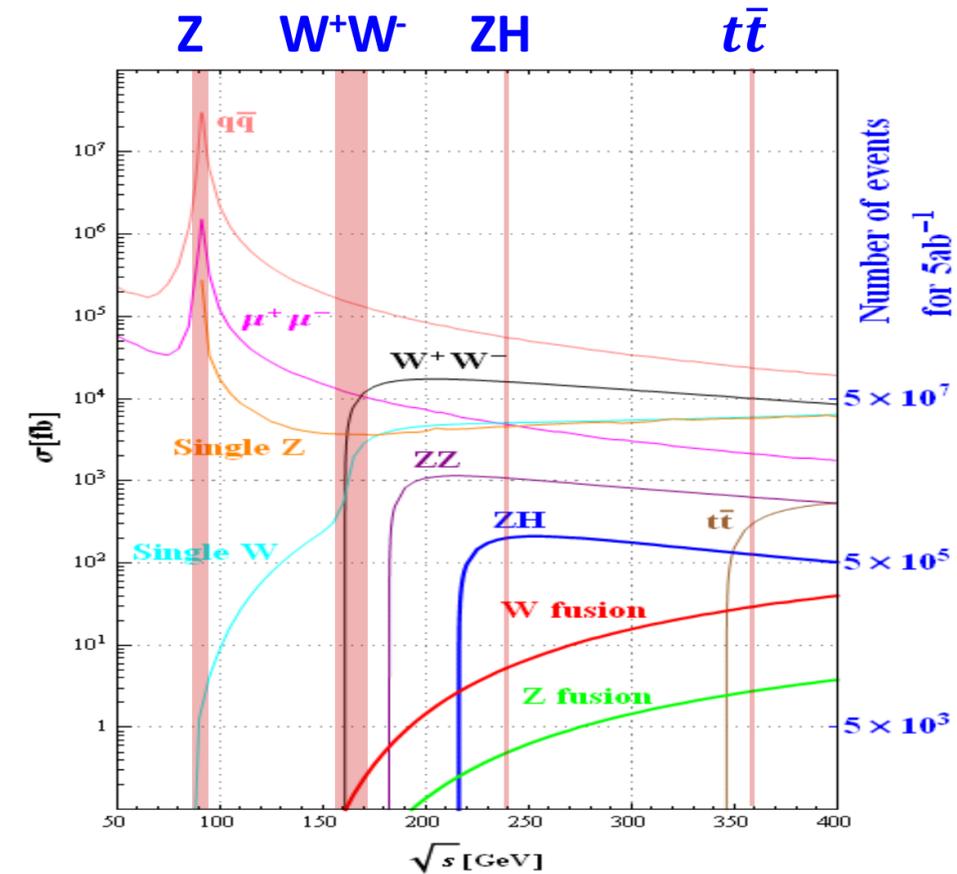


2-7 GeV [eV]

高精度前沿

超级陶粲装置

Super Tau-Charm Facility
(STCF)



90-360 GeV

高能量前沿

环形正负电子对撞机

Circular Electron Positron Collider
(CEPC)

国际视野下的CEPC和STCF

高精度前沿

BEPCII

2-5 GeV, $10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$



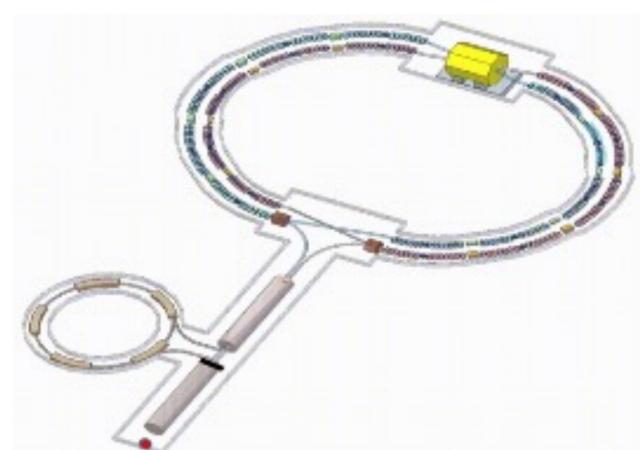
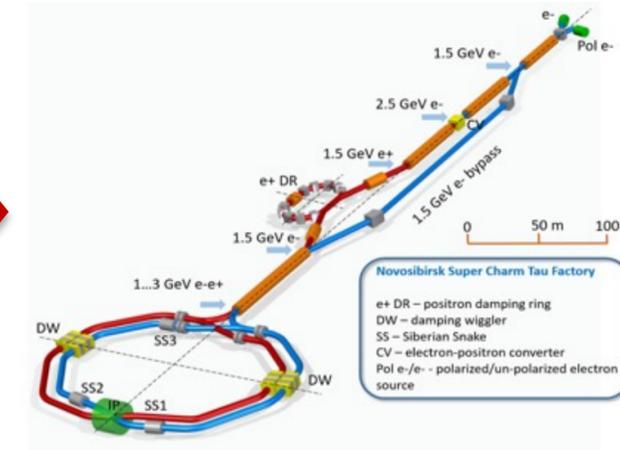
SKEKB

$\sim 10 \text{ GeV}$, $8 \cdot 10^{35} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (目标)



SCTF, STCF

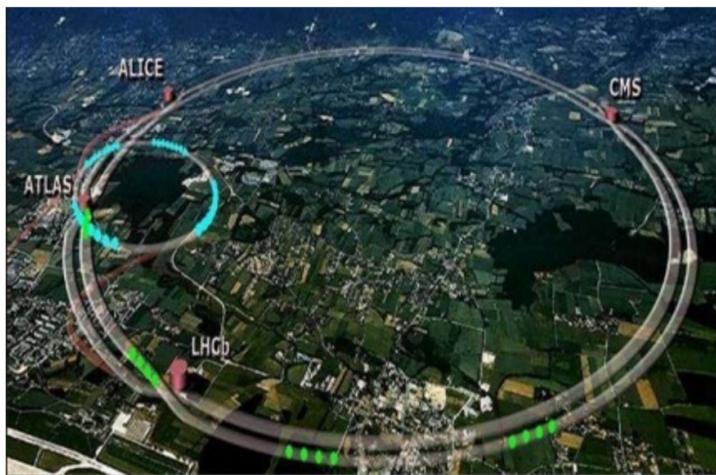
2-7 GeV, $\sim 10^{35} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$



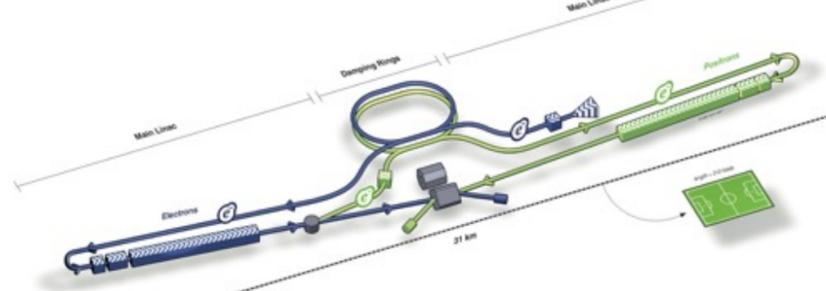
高能量前沿

LHC (HL-LHC)

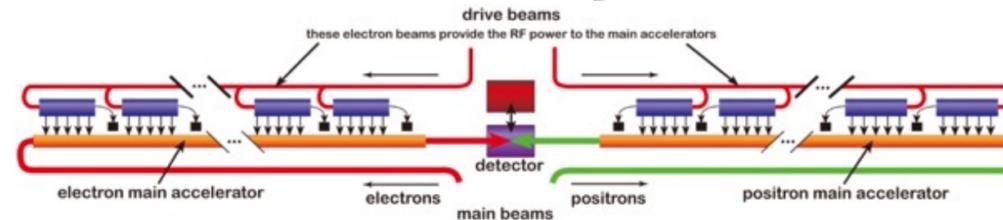
$\sim 14 \text{ TeV}$, $10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (5-7倍)



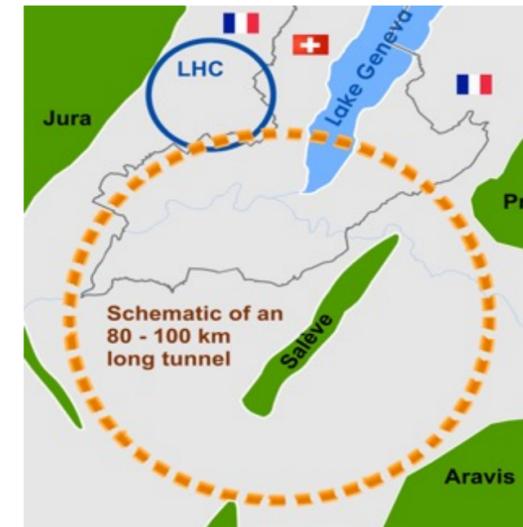
ILC: 0.25-1TeV



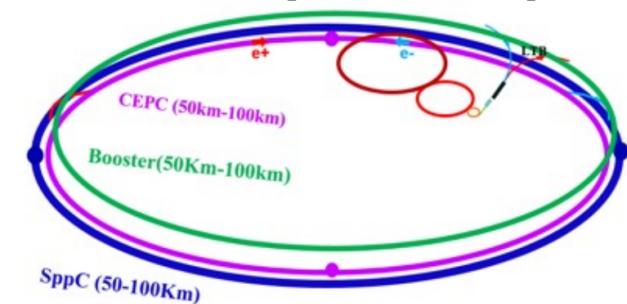
CLIC: 直到3TeV



FCC-ee, hh(100TeV)

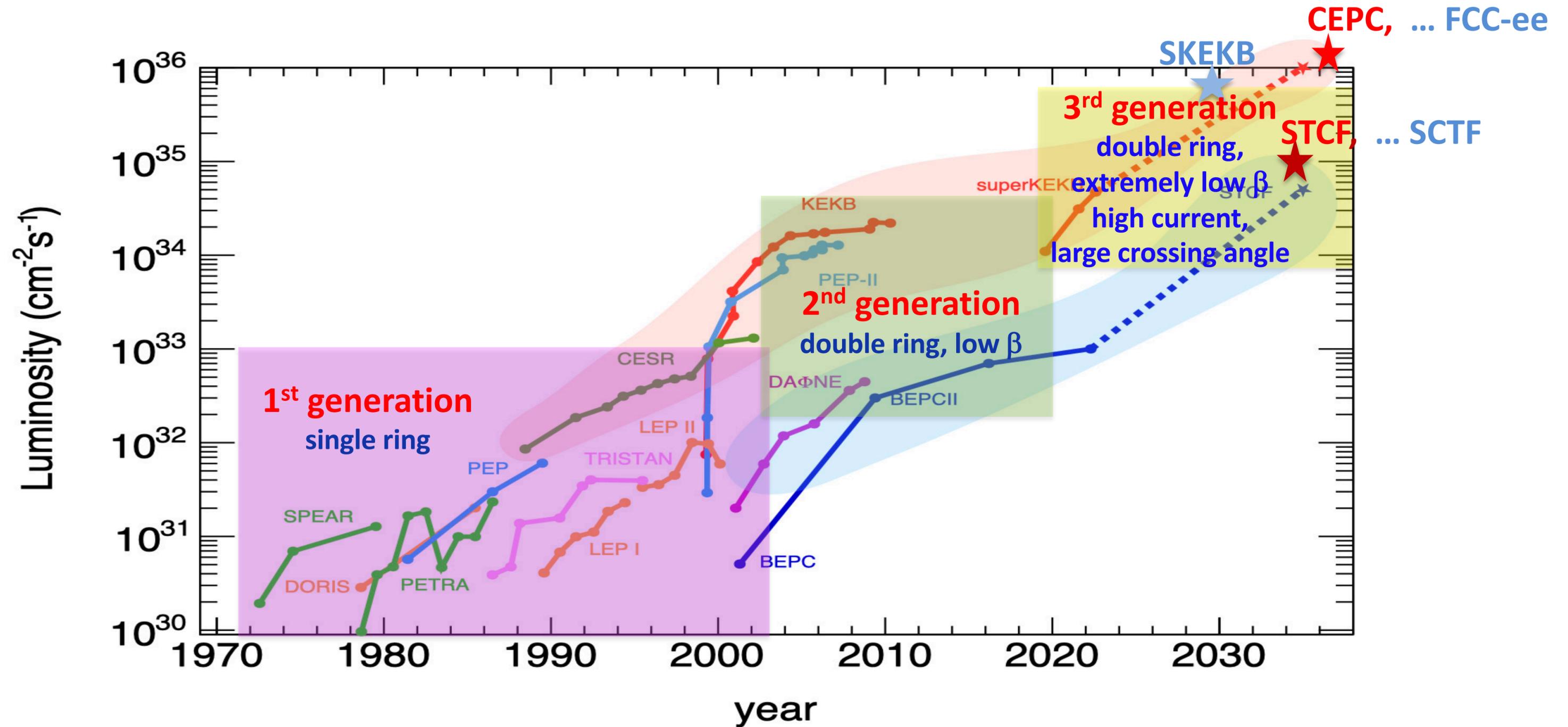


CEPC(90-360GeV)
SPPS(100TeV)



国际共识：正负电子希格斯工厂是全球优先级最高的下一代对撞机

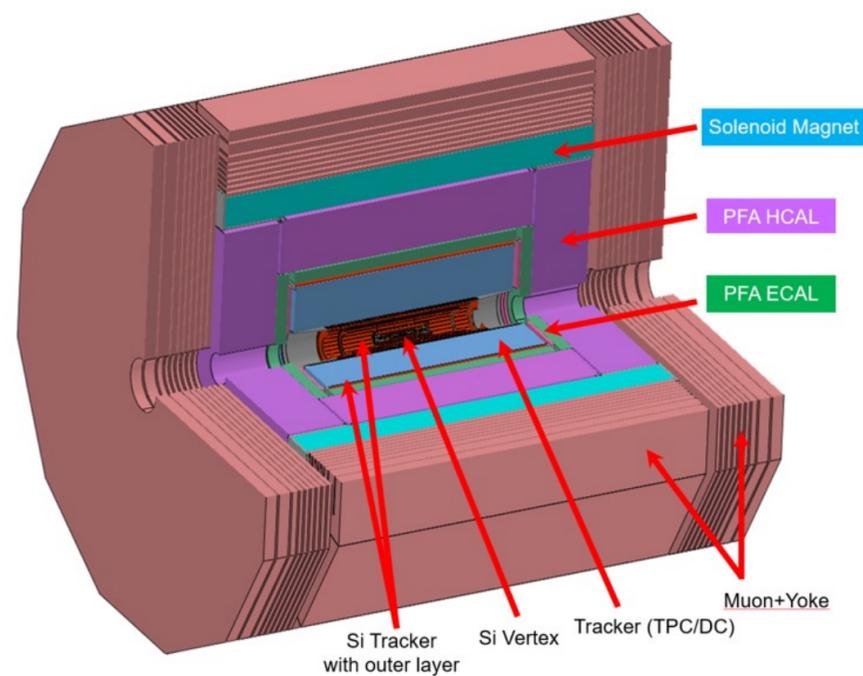
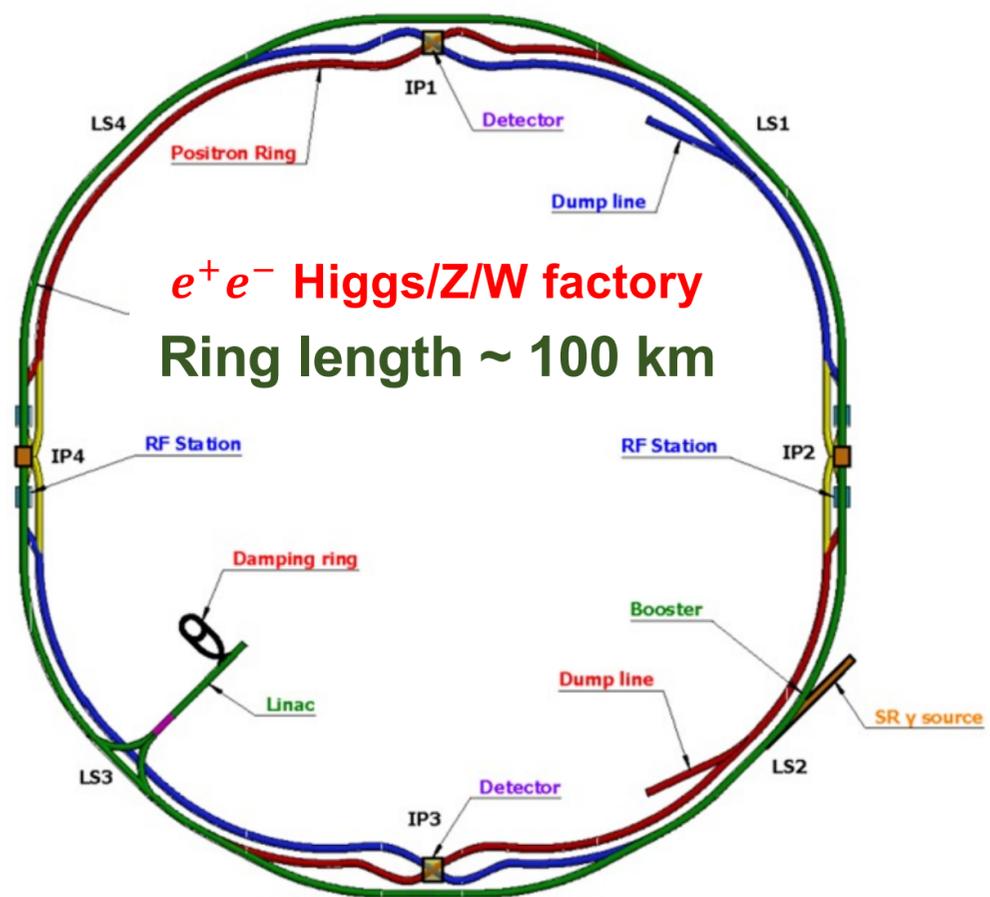
历史图景中的CEPC和STCF



CEPC和STCF：第三代正负电子对撞机

CEPC—瞥

- 2012年希格斯发现后，中国科学家率先提出了**环形正负电子对撞机方案 (CEPC)**，在本土建造**100公里**周长的希格斯 / W / Z 玻色子工厂 (**90-360 GeV**)。
- 以前所未有的精度测量希格斯性质、电弱相互作用参数、QCD和味物理，及寻找超出标准模型新物理 (譬如暗物质，电弱相变，正反物质不对称，超对称粒子等)。
- 未来可以升级为**超级质子质子对撞机 (SPPC)**。



总计 (亿元)	364	100%
加速器	190	52%
土建施工	101	28%
探测器	40	11%
γ 束流线	3	0.8%
项目管理	3	0.8%
不可预见费用	27	7.4%

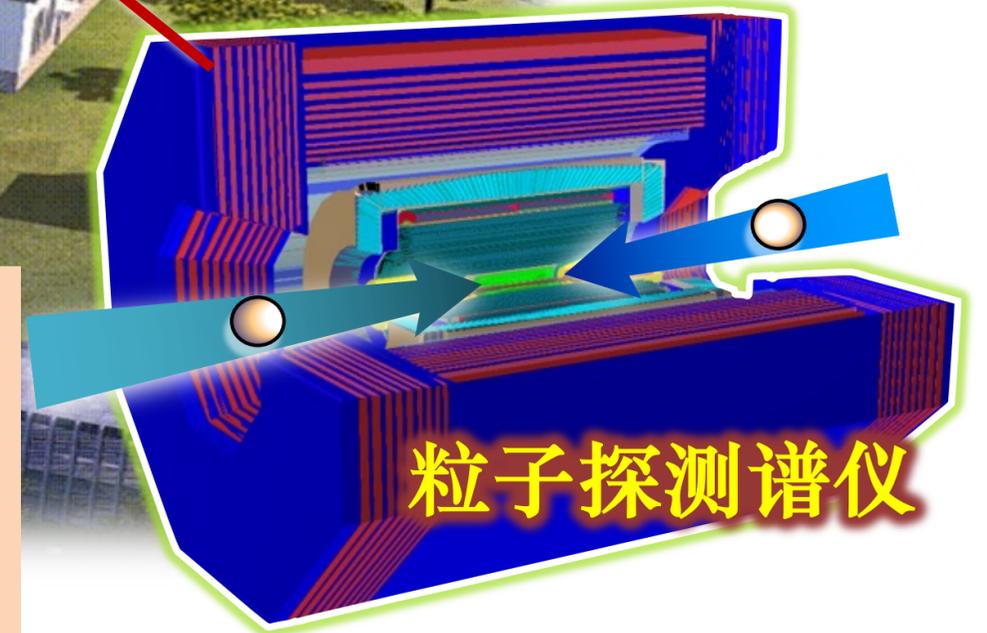
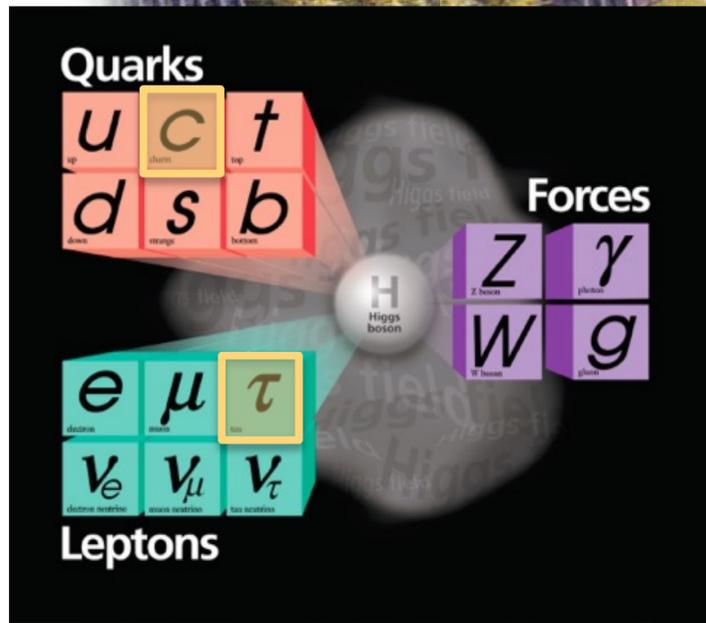
STCF—瞥

超级陶粲装置将为研究强相互作用和强子结构以及检验基本对称性提供独特平台

直线加速器
400 米

正电子阻尼环
150 米

对撞环
1000 米

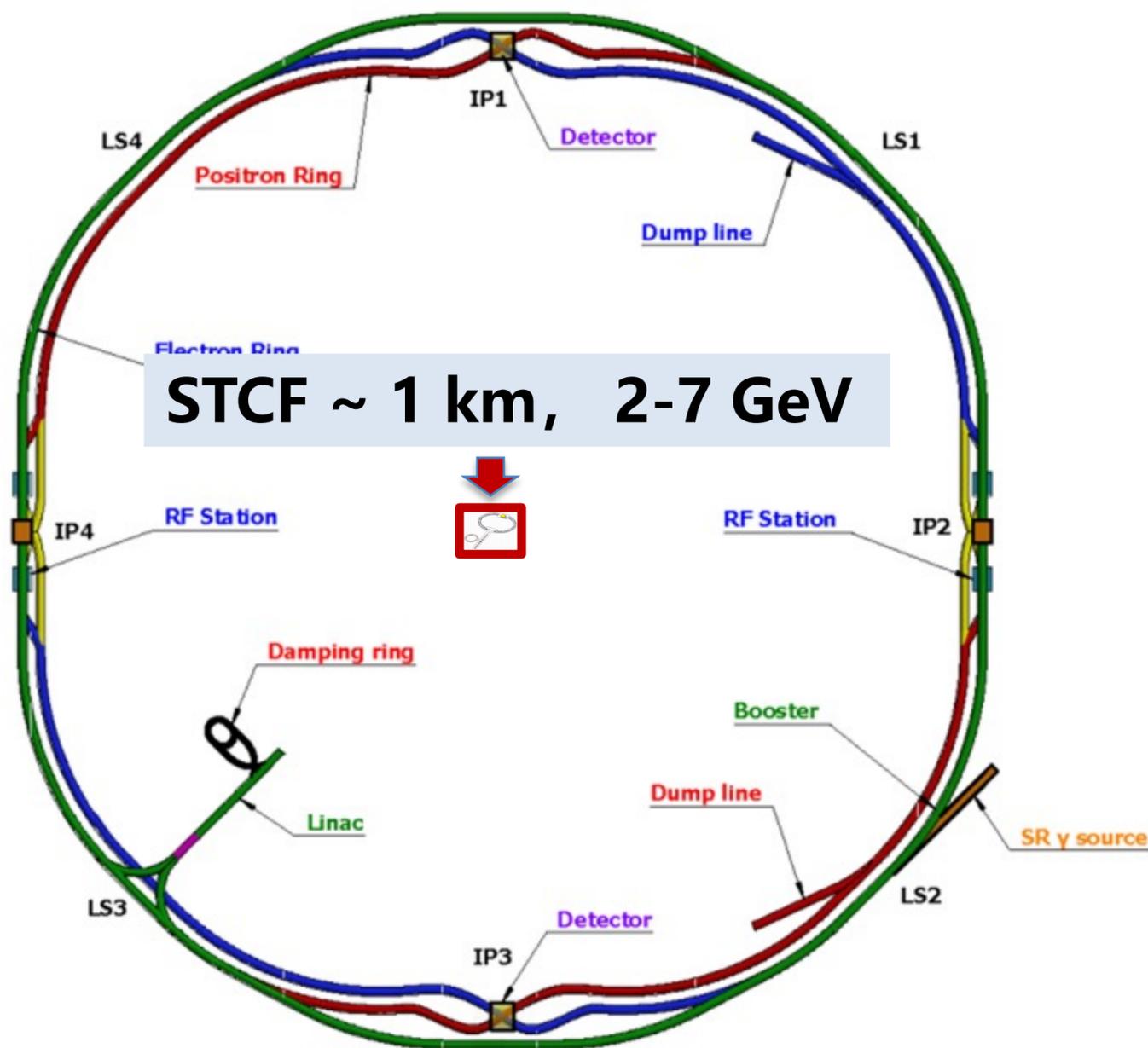


- 质心能量 $2-7\text{GeV}$ ，亮度 $> 0.5 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- 具备进一步提升亮度或质心能量、实现极化束流的潜力
- 用地超过1000亩（合肥“未来大科学城”）

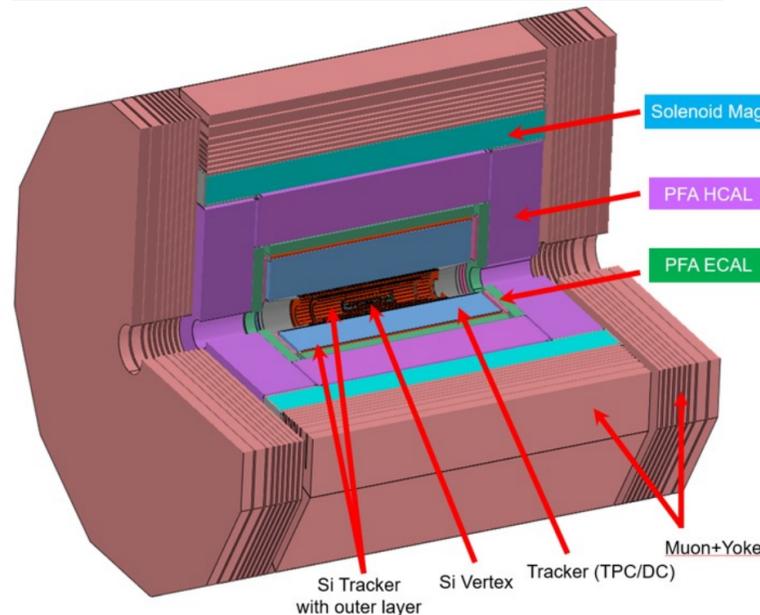
CEPC/STCF

CEPC: ~ 100 km, 90-360 GeV

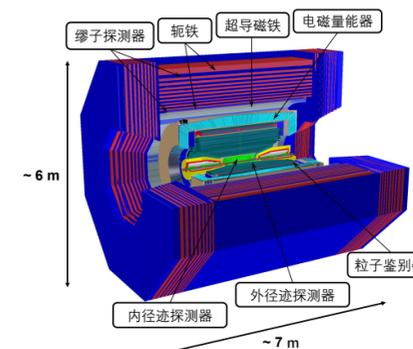
CEPC探测器 ~ 12 m



STCF ~ 1 km, 2-7 GeV



STCF探测器 ~ 6 m



总体造价: CEPC/STCF ~ 10

质心系能量: CEPC/STCF ~ 100

加速器尺寸: CEPC/STCF ~ 100

探测器尺寸: CEPC/STCF ~ 2

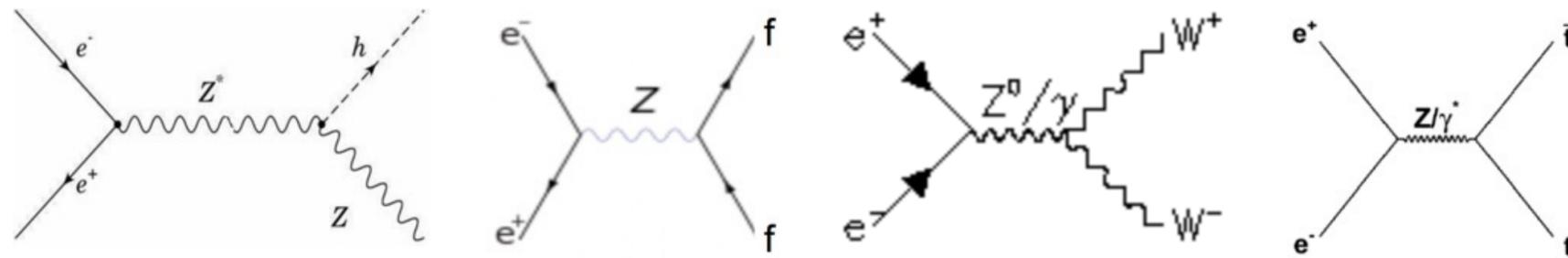
$\ln(\text{加速器比例}) \sim \text{探测器比例}$

符合高能簇射发展规律 😊

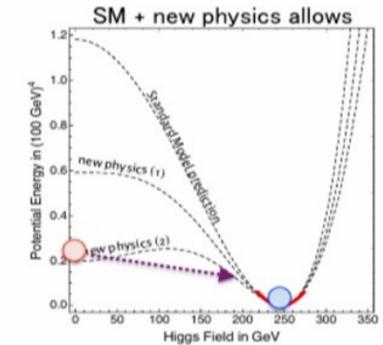
CEPC物理版图

高能量 + 高亮度 → CEPC是一台“精确测量” + “探索发现”的对撞机

- **超高精度测量**: 希格斯粒子(H)、电弱物理(W/Z)、味物理(B/c/τ)、顶夸克和QCD
- **新物理探索**: 暗物质、电弱相变、超对称粒子等, 探索新物理能标 ~10 TeV



$$h \rightarrow X_{\text{dm}} X_{\text{dm}}$$



CEPC 运行模式		Higgs	Z	W+W-	t \bar{t}
质心系能量 \sqrt{s} [GeV]		~240	~91	~160	~360
运行时间 [年]		10	2	1	5
30 MW	L / IP [$\times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$]	5.0	115	16	0.5
	$\int L dt$ [ab^{-1} , 2 IPs]	13	60	4.2	0.6
	Event yields [2 IPs]	2.6×10^6	2.5×10^{12}	1.3×10^8	4×10^5
50 MW	L / IP [$\times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$]	8.3	192	26.7	0.8
	$\int L dt$ [ab^{-1} , 2 IPs]	22	100	6.9	1
	Event yields [2 IPs]	4.3×10^6	4.1×10^{12}	2.1×10^8	6×10^5

一台极其多样化的高能对撞机，
涵盖了极为广谱的重大物理课题，
远远超出一个单纯的希格斯工厂。

CEPC精确测量与检验

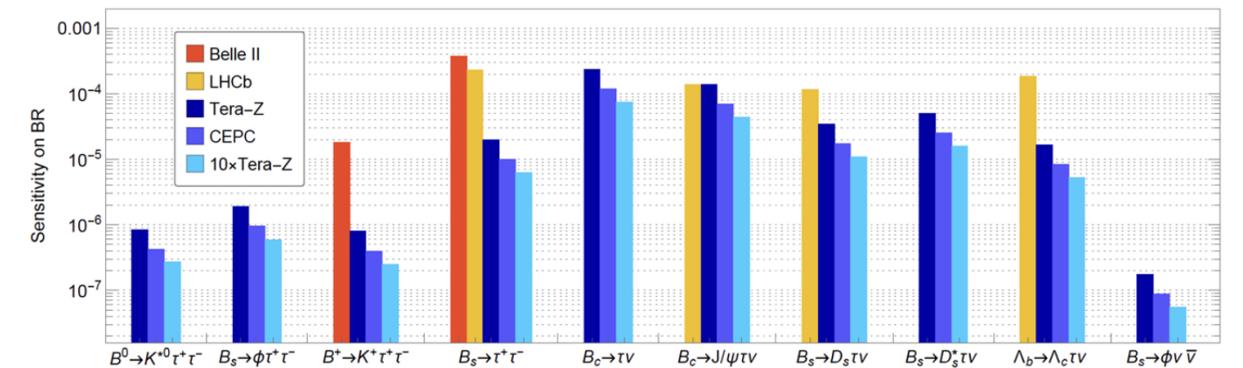
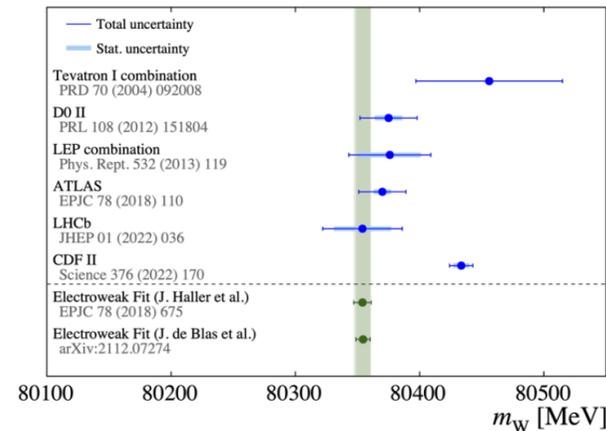
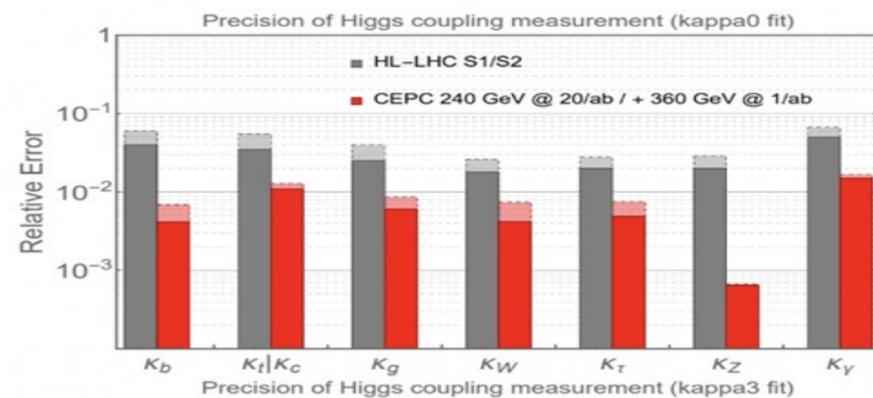
- 希格斯粒子性质（模型无关）、电弱物理参数、稀有和禁戒过程的测量精度或灵敏度相比当前最高水平或HL-LHC预期水平提高1-3数量级！

Higgs		
观测量	HL-LHC 预期精度	CEPC 预期精度
M_H	20 MeV	3 MeV
Γ_H	20%	1.7%
$\sigma(ZH)$	4.2 %	0.26%
$B(H \rightarrow bb)$	4.4%	0.14%
$B(H \rightarrow cc)$	-	2.0%
$B(H \rightarrow gg)$	-	0.81%
$B(H \rightarrow WW^*)$	2.8%	0.53%
$B(H \rightarrow ZZ^*)$	2.9%	4.2%
$B(H \rightarrow \tau^+\tau^-)$	2.9%	0.42%
$B(H \rightarrow \gamma\gamma)$	2.6%	3.0%
$B(H \rightarrow \mu^+\mu^-)$	8.2%	6.4%
$B(H \rightarrow Z\gamma)$	20%	8.5%
$B_{upper}(H \rightarrow inv.)$	2.5%	0.07%

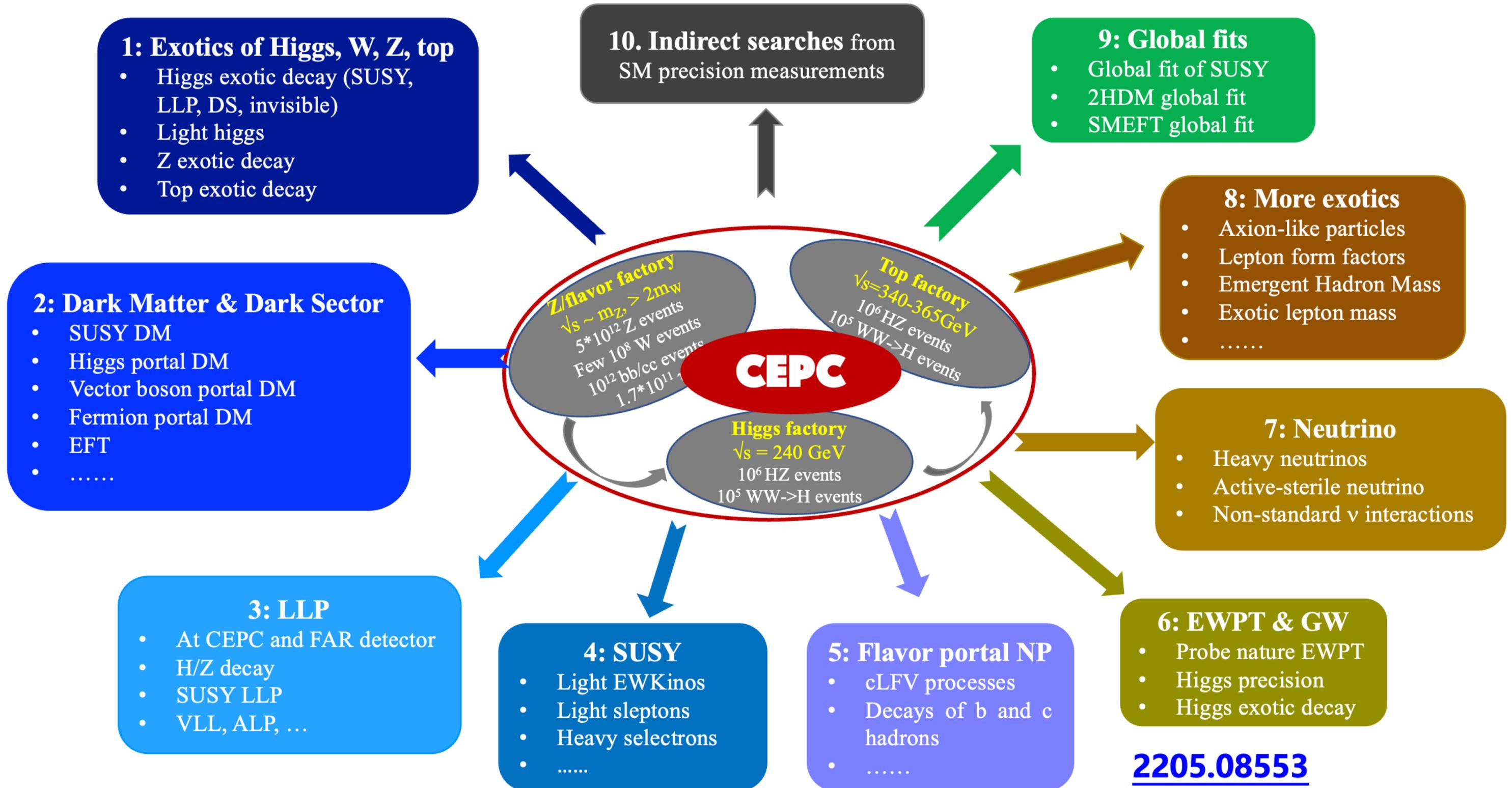
W、Z 和 top		
观测量	当前精度	CEPC 预期精度
M_W	9 MeV	0.5 MeV
Γ_W	49 MeV	2 MeV
M_{top}	760 MeV	$\mathcal{O}(10)$ MeV
M_Z	2.1 MeV	0.1 MeV
Γ_Z	2.3 MeV	0.025 MeV
R_b	3×10^{-3}	2×10^{-4}
R_c	1.7×10^{-2}	1×10^{-3}
R_μ	2×10^{-3}	1×10^{-4}
R_τ	1.7×10^{-2}	1×10^{-4}
A_μ	1.5×10^{-2}	3.5×10^{-5}
A_τ	4.3×10^{-3}	7.0×10^{-5}
A_b	2×10^{-2}	2×10^{-4}
N_ν	2.5×10^{-3}	2×10^{-4}

b-hadrons	Belle II (50+5 ab ⁻¹)	LHCb (300 fb ⁻¹)	Tera-Z
B^0, \bar{B}^0	5.4×10^{10} (50 ab ⁻¹ on $\Upsilon(4S)$)	3×10^{13}	1.2×10^{11}
B^\pm	5.7×10^{10} (50 ab ⁻¹ on $\Upsilon(4S)$)	3×10^{13}	1.2×10^{11}
B_s^0, \bar{B}_s^0	6.0×10^8 (5 ab ⁻¹ on $\Upsilon(5S)$)	1×10^{13}	3.1×10^{10}
B_c^\pm	-	1×10^{11}	1.8×10^8
$\Lambda_b^0, \bar{\Lambda}_b^0$	-	2×10^{13}	2.5×10^{10}
$c(\bar{c})$	2.6×10^{11}	$\gtrsim 10^{14}$	2.4×10^{11}
τ^\pm	9×10^{10}	-	7.4×10^{10}

Mode	LEP bound (95% CL)	LHC bound (95% CL)	CEPC/FCC-ee
BR($Z \rightarrow \mu e$)	1.7×10^{-6} [2]	7.5×10^{-7} [3]	$10^{-8} - 10^{-10}$
BR($Z \rightarrow \tau e$)	9.8×10^{-6} [2]	5.0×10^{-6} [4, 5]	10^{-9}
BR($Z \rightarrow \tau \mu$)	1.2×10^{-5} [6]	6.5×10^{-6} [4, 5]	10^{-9}

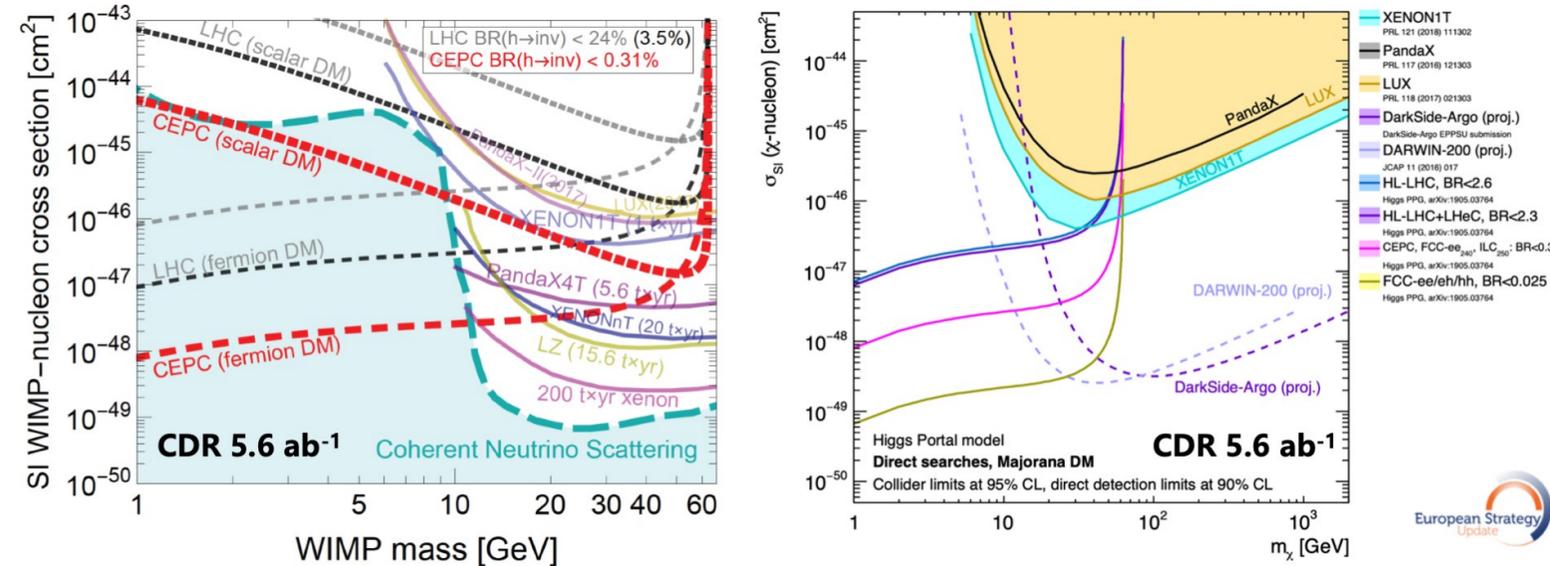


CEPC探索新物理

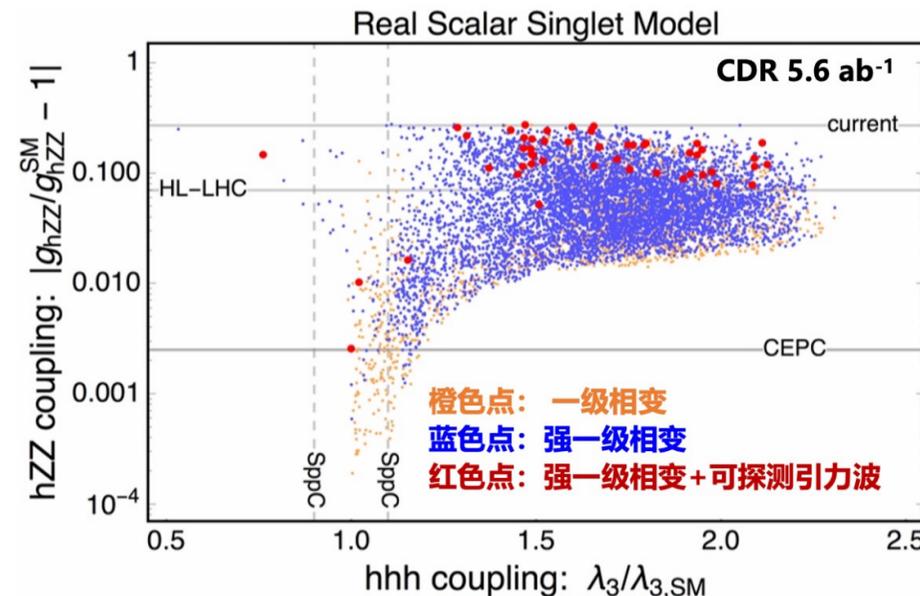
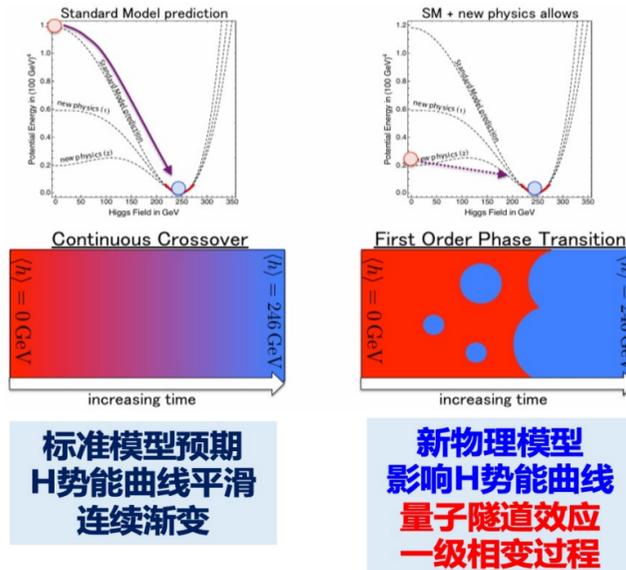
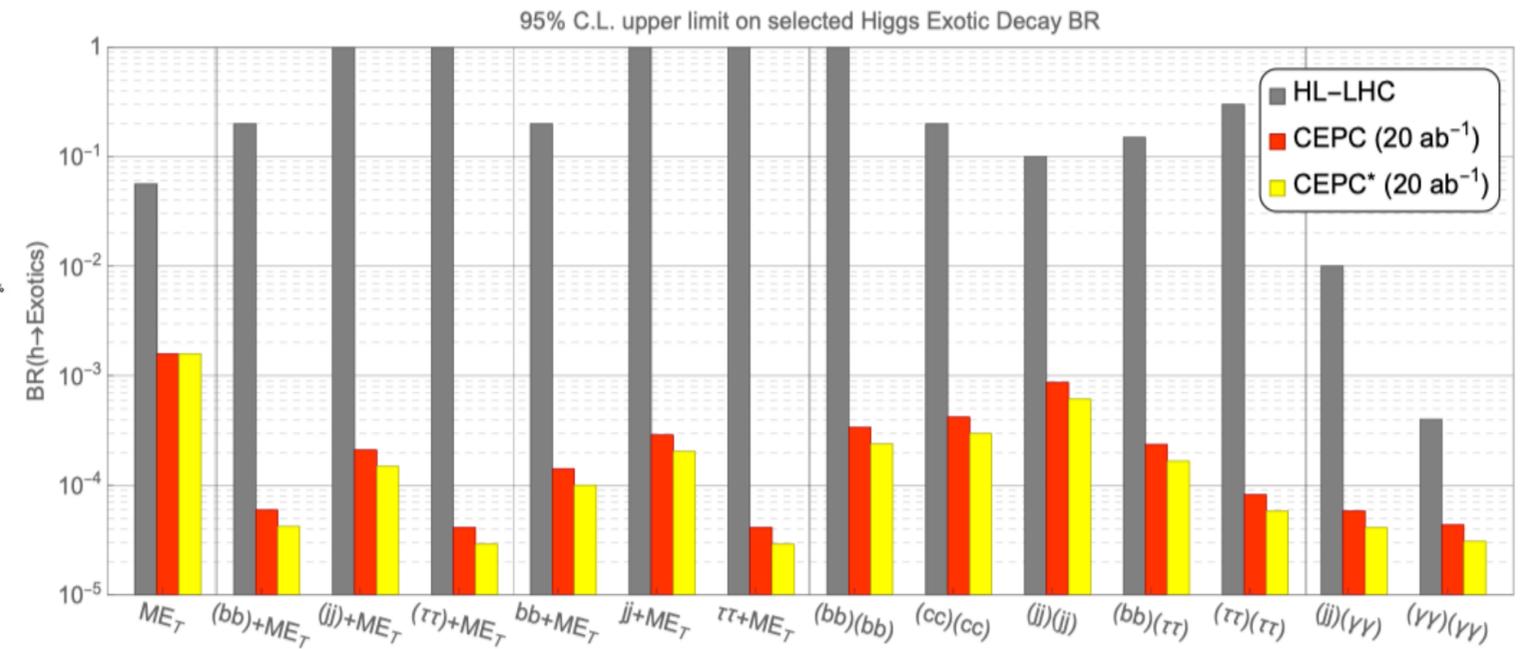


希格斯粒子：通向新物理的桥梁

CEPC对暗物质的探测灵敏度比HL-LHC实验提升1个数量级，在10GeV以下质量区间灵敏度高，与暗物质直接探测实验形成互补。



CEPC可以高灵敏地探测希格斯的奇异衰变过程，灵敏度比HL-LHC提升多个数量级！



CEPC通过 hZZ 耦合参数的高精度测量研究宇宙早期电弱相变的参数空间，灵敏度比HL-LHC实验好1个数量级，有助于揭示宇宙中正反物理不对称之谜

CEPC物理研究活动、进展和成果

2018

IHEP-CEPC-DR-2018-02
IHEP-EP-2018-01
IHEP-TH-2018-01

CEPC

Conceptual Design Report

Volume II - Physics & Detector

The CEPC Study Group
October 2018

2019

Chinese Physics C Vol. 43, No. 4 (2019) 043002

Precision Higgs physics at the CEPC*

Fenfen An(安芬芬)^{2,23} Yu Bai(白羽)¹ Chunhui Chen(陈春晖)²³ Xin Chen(陈新)¹ Zhenxing Chen(陈振兴)¹ Joao Guimaraes da Costa⁴ Zhenwei Cui(崔振威)¹ Yaquan Fang(方亚泉)^{6,5,4,1} Chengdong Fu(付成栋)¹ Jun Gao(高俊)¹⁰ Yanyan Gao(高艳艳)² Yunning Gao(高原宁)¹⁰ Shaofeng Ge(葛丽峰)^{1,2,29} Jiayin Gu(顾嘉韵)^{1,2,1} Fangyi Guo(郭方毅)⁴ Jun Guo(郭军)¹⁰ Tao Han(韩涛)^{3,1} Shuang Han(韩爽)¹ Hongjian He(何红建)^{1,10} Xianke He(何显科)¹⁰ Xiaogang He(何小刚)^{1,10,29} Jifeng Hu(胡维峰)¹ Shi-Chieh Hsu(徐士杰)² Shan Jin(金山)¹ Maoqiang Jing(荆明亮)² Susmita Jyotishmati²¹ Ryuta Kiuchi¹ Chia-Ming Kuo(郭家铭)²¹ Peizhu Lai(赖培筑)²¹ Boyang Li(李博洋)² Congqiao Li(李聪乔)¹ Gang Li(李刚)^{1,14,10} Haifeng Li(李海峰)² Liang Li(李亮)¹⁰ Shu Li(李毅)^{1,10} Tong Li(李通)² Qiang Li(李强)¹ Hao Liang(梁浩)^{4,4} Zhijun Liang(梁志均)¹ Libo Liao(廖立波)¹ Bo Liu(刘波)^{2,2} Jianbei Liu(刘建北)¹ Tao Liu(刘涛)¹ Zhen Liu(刘真)^{10,10} Xinchou Lou(娄辛丑)^{6,5,3,4} Lianliang Ma(马连良)² Bruce Mellado^{17,18} Xin Mo(莫欣)¹ Mila Pandurovic¹⁶ Jiaming Qian(钱剑明)^{2,10} Zhuomai Qian(钱卓巍)¹⁴ Nikolaos Rompotis² Manqi Ruan(阮曼奇)¹⁴ Alex Schuy² Lianyou Shan(单连友)¹ Jingyuan Shi(史静远)¹ Xin Shi(史欣)¹ Shufang Su(苏淑芳)¹⁴ Deyong Wang(王大勇)¹ Jin Wang(王锦)¹ Liantao Wang(王连涛)^{2,10} Yifang Wang(王贻芳)¹⁴ Yuqian Wei(魏焜菁)¹ Yue Xu(许悦)¹ Haijun Yang(杨海军)^{1,14,1} Ying Yang(杨莹)¹ Weiming Yao(姚为民)¹ Dan Yu(于丹)¹ Kaiji Zhang(张凯杰)^{1,10} Zhaoru Zhang(张照茹)¹ Mingrui Zhao(赵明锐)¹ Xiangshu Zhao(赵祥茂)¹ Ning Zhou(周宁)¹

¹Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Anhui 230026, China
²China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413, China
³School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China
⁴Institute of High Energy Physics, Beijing 100049, China
⁵Department of Engineering Physics, Physics Department, Tsinghua University, Beijing 100084, China
⁶University of Chinese Academy of Science (UCAS), Beijing 100049, China
⁷School of Nuclear Science and Technology, University of South China, Hengyang 421001, China
⁸Department of Physics, Nanjing University, Nanjing 210093, China
⁹Department of Physics, Southeast University, Nanjing 210096, China
¹⁰School of Physics and Astronomy, Shanghai Jiao Tong University, KLPPAC-MoE, SKLPPC, Shanghai 200240, China
¹¹Tung-Dao Lee Institute, Shanghai 200240, China
¹²Institute of Frontier and Interdisciplinary Science and Key Laboratory of Particle Physics and Particle Irradiation (MOE), Shandong University, Qingdao 266237, China
¹³PRISMA Cluster of Excellence & Mainz Institute of Theoretical Physics, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Mainz 55128, Germany
¹⁴Department of Physics, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong
¹⁵Kavli IPMU (WPI), UTIAS, The University of Tokyo, Kashiwa, Chiba 277-8583, Japan
¹⁶Vina Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade, Belgrade 11000, Serbia
¹⁷School of Physics and Institute for Collider Particle Physics, University of the Witwatersrand, Johannesburg 2050, South Africa

《Precision Higgs Physics at CEPC》

Chinese Physics C, 43 (2019)

043002

荣获中国物理学会
2020年度最有影响论文奖

2021

The Physics potential of the CEPC

Prepared for the US Snowmass Community Planning Exercise
(Snowmass 2021)

CEPC Physics Study Group

CONTRIBUTORS

- Huajie Cheng, Department of Applied Physics, Naval University of Engineering, Jiefang Blvd 717, Qiaokou District, Wuhan 430033, China
- Wen Han Chiu, Department of Physics, University of Chicago, Chicago, IL 60637, USA
- Yaquan Fang, Institute of High Energy Physics, University of Chinese Academy of Science, Beijing, 100049, China
- Yu Gao, Key Laboratory of Particle Astrophysics, Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China
- Jiayin Gu, Department of Physics, Center for Field Theory and Particle Physics, Key Laboratory of Nuclear Physics and Ion-beam Application (MOE), Fudan University, Shanghai 200438, China
- Gang Li, Institute of High Energy Physics, University of Chinese Academy of Science, Beijing, 100049, China
- Lingfeng Li, Department of Physics, Brown University, Providence, RI 02912, USA
- Tianjun Li, CAS Key Laboratory of Theoretical Physics, Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

SNOWMASS白皮书

2023

Contents

1 Introduction	1
2 Description of CEPC facility	1
2.1 Key Collider Features for Flavor Physics	3
2.2 Key Detector Features for Flavor Physics	3
3 Charged Current Semileptonic and Leptonic b Decays	9
4 Rare/Penguin and Forbidden b Decays	10
4.1 Dileptonic Modes	10
4.2 Neutrino Modes	11
4.3 Radiative Modes	12
4.4 Lepton Flavor Violating (LFV), Lepton Number Violating(LNV) and Baryon Number Violating (BNV) Decays	12
5 Hadronic b Decays and CP Violation Measurements	13
6 Spectroscopy and Exotics	14
7 Charm Physics	14
8 τ Physics	15
9 Flavor Physics at Higher Energies	16
9.1 Flavor Physics from Z Decays	17
9.2 Flavor Physics from W Decays	17
9.3 Flavor Physics from Higgs and Top	18
10 Production of BSM States from Heavy Flavor Decays	18
11 Two Photon and ISR Physics with Heavy Flavors	18
12 Summary	19

味物理白皮书将很快公布，更多
物理白皮书在准备中：电弱物
理白皮书、新物理白皮书 ...

2024

PHYSICAL REVIEW LETTERS 132, 221802 (2024)

Jet-Origin Identification and Its Application at an Electron-Positron Higgs Factory

Hao Liang^{1,2,2} Yongfeng Zhu^{3,4} Yuxin Wang^{5,4} Yuhai Che^{6,1,2} Mang Ruan^{6,1,2,2}
Chen Zhou^{7,1} and Hailin Qu^{1,4}

¹Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, 198 Yuquan Road, Shijingshan District, Beijing 100049, China
²University of Chinese Academy of Sciences, 19A Yuquan Road, Shijingshan District, Beijing 100049, China
³State Key Laboratory of Nuclear Physics and Technology, School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China
⁴China Center of Advanced Science and Technology, Beijing 100190, China
⁵CERN, EP Department, CH-1211 Geneva 23, Switzerland

(Received 16 October 2023; revised 26 April 2024; accepted 1 May 2024; published 31 May 2024)

To enhance the scientific discovery power of high-energy collider experiments, we propose and realize the concept of jet-origin identification that categorizes jets into five quark species (b, c, s, u, d), five antiquarks ($\bar{b}, \bar{c}, \bar{s}, \bar{u}, \bar{d}$), and the gluon. Using state-of-the-art algorithms and simulated $e^+e^- \rightarrow H$ events at 240 GeV center-of-mass energy at the electron-positron Higgs factory, the jet-origin identification simultaneously reaches jet flavor tagging efficiencies ranging from 67% to 92% for bottom, charm, and strange quarks and jet charge flip rates of 7%–24% for all quark species. We apply the jet-origin identification to Higgs rare and exotic decay measurements at the nominal luminosity of the Circular Electron-Positron Collider and conclude that the upper limits on the branching ratios of $H \rightarrow \tau s, u\bar{d}$ and $H \rightarrow s\bar{b}, u\bar{c}$ can be determined to 2×10^{-4} to 1×10^{-3} at 95% confidence level. The derived upper limit for $H \rightarrow s\bar{d}$ decay is approximately 3 times the prediction of the standard model.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.132.221802

Introduction.—Quarks and gluons are standard model (SM) particles that carry color charges of the strong interaction. Because of the color confinement of quantum chromodynamics (QCD), colored particles cannot travel freely in spacetime and are confined to composite particles based on simulation [17] (referred to as full simulation for simplicity), since the electron-positron Higgs factory is identified as the highest-priority future collider project [18,19]. We develop the necessary software tools, Arbor [20,21] and ParticleNet [22], for the particle flow event reconstruction and the jet-origin identification. We

FIG. 1. Event display of an $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + H$ ($\sqrt{s} = 240$ GeV) event simulated and reconstructed with the CEPC baseline detector [1]. Different particles are depicted with colored cones and straight lines; red for e^+ , cyan for e^- , blue for u^+ , orange for photons, and magenta for neutral hadrons.

先进算法及应用研究 (PRL)
Jet-Origin Identification
and Its Application at an
Electron-Positron Higgs
Factory

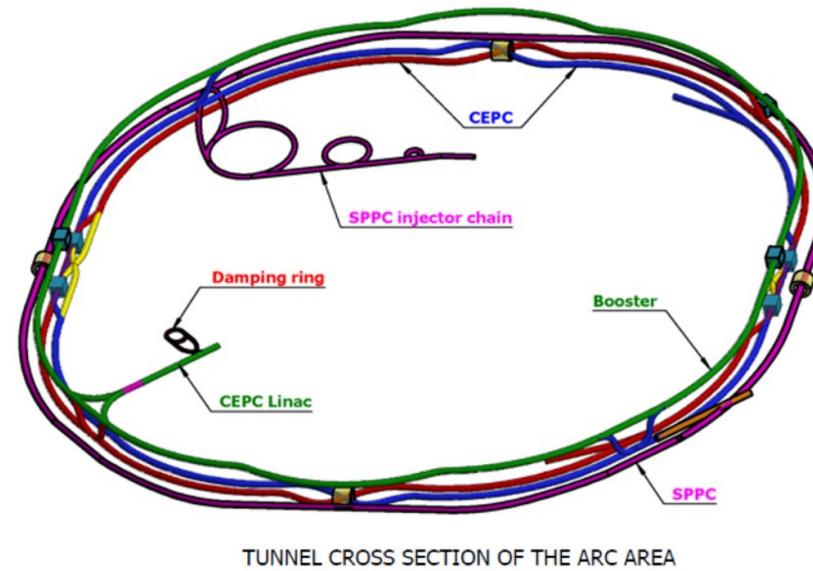
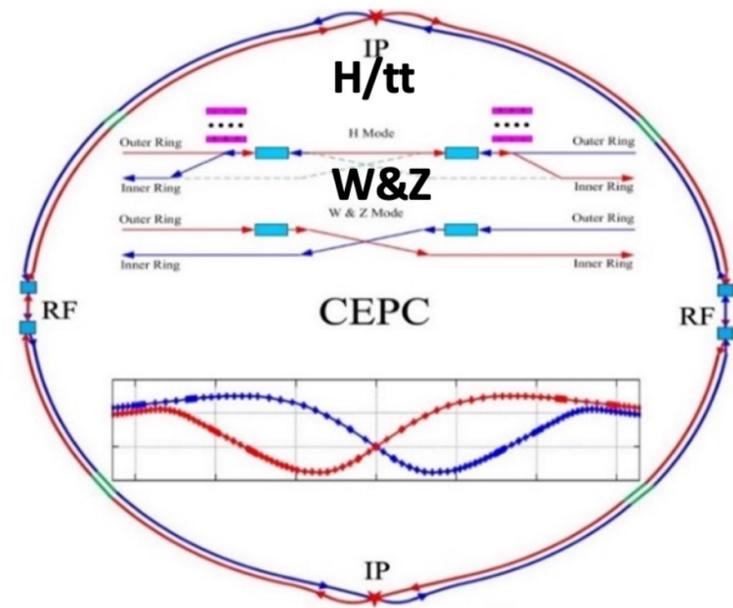


针对欧洲粒子物理战
略更新，积极参与
ECFA物理研究

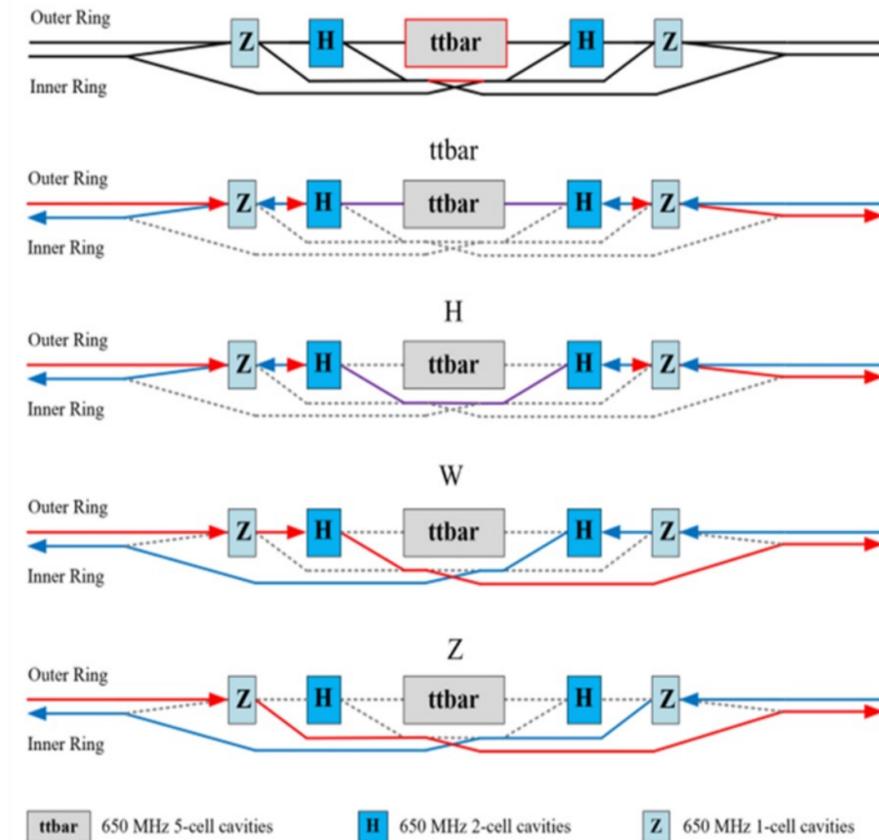
O(100) 期刊文章/arXiv文稿

CEPC增强器与对撞环

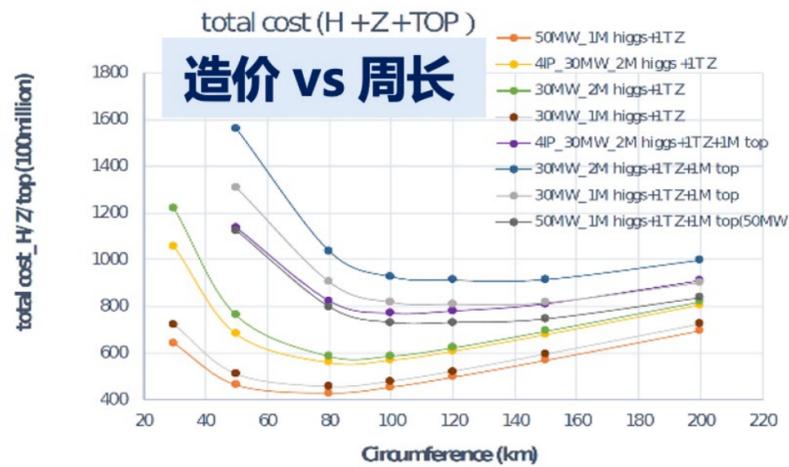
- **CEPC基准设计**: 周长100公里, 双环, 同步辐射功率30 MW, 可升级为 50MW或tt能区
- **运行模式灵活切换**: H, Z, WW 和 tt 能区之间运行可灵活切换, 无需额外安装超导加速腔
- **大口径隧道**: 可同时容纳 booster, CEPC 和 SPPC



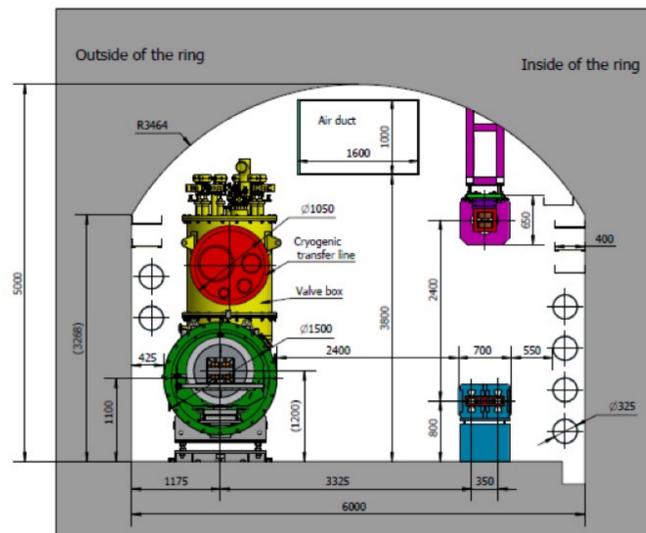
H/W/Z/tt 运行模式切换



ttbar 650 MHz 5-cell cavities H 650 MHz 2-cell cavities Z 650 MHz 1-cell cavities



JINST 17, P10018 (2022)

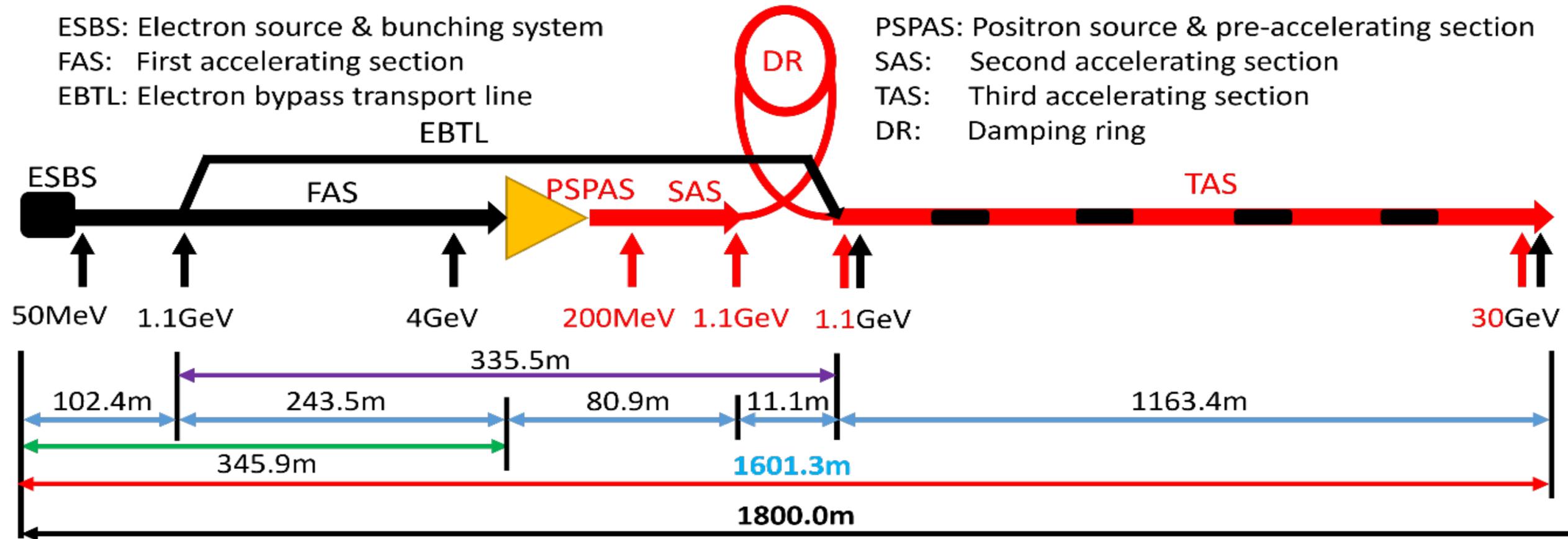


arXiv:2312.14363

CEPC正负电子注入器

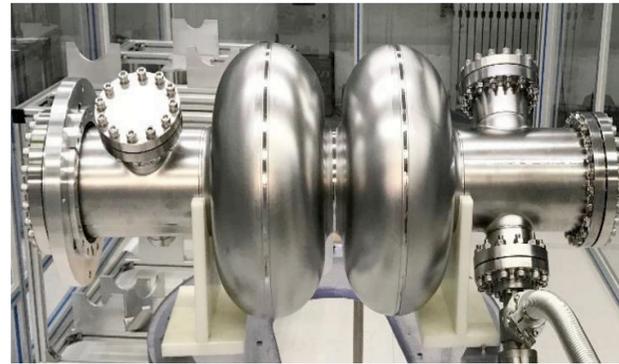
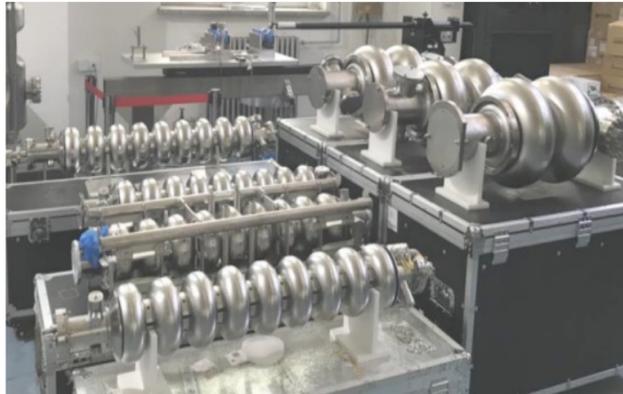
- 直线注入器 (LINAC) : 30 GeV S+C 波段加速器, 有助于缓解增强器偏转磁铁的性能需求。
- 模拟结果显示正负电子束流都满足注入增强器 (Booster) 的性能需求。

Parameter	Symbol	Unit	Design value
Energy	E	GeV	30
Repetition rate	f_{rep}	Hz	100
Number of bunches per pulse			1 or 2
Bunch charge		nC	1.5
Energy spread	σ_E		1.5×10^{-3}
Emittance	ϵ_r	nm	6.5
Electron energy at target		GeV	4
Electron bunch charge at target		nC	10
Tunnel length	L	m	1800

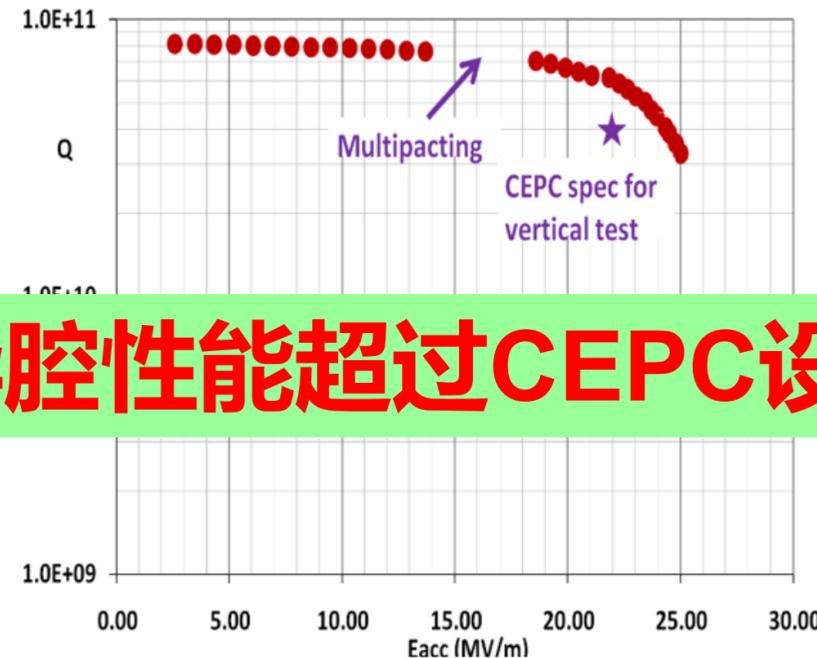
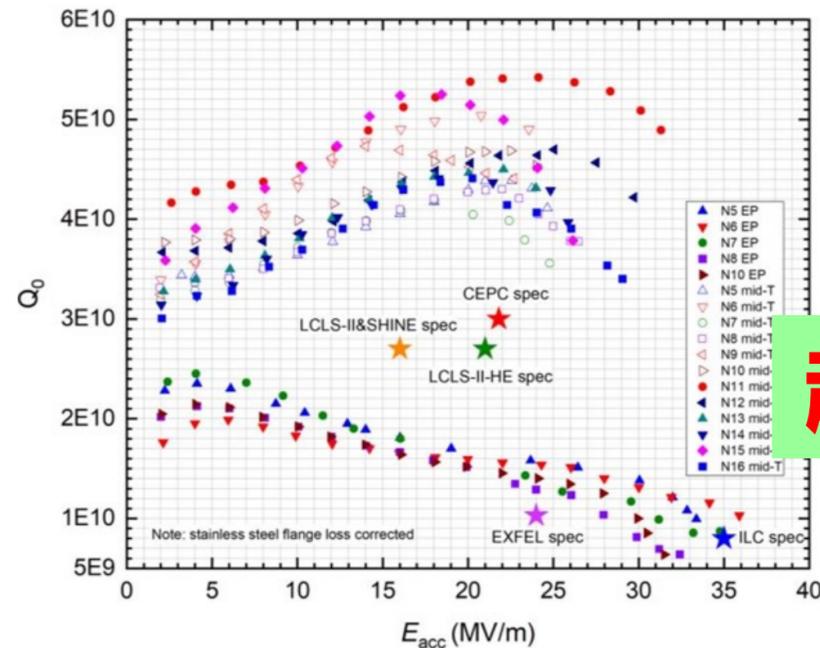


CEPC加速器关键技术: 高Q值超导加速腔

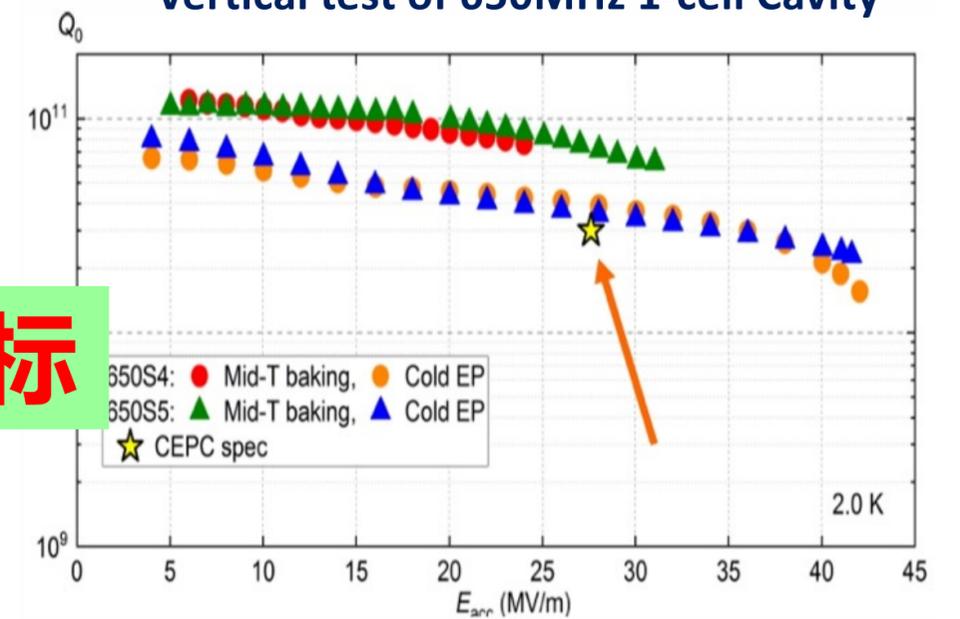
- 增强器 1.3 GHz 9-cell SRF cavity: $Q = 4.9E10 @ 31.0 \text{ MV/m}$ (中温退火)
- 对撞环 650 MHz 2-cell SRF cavity: $Q = 6.0E10 @ 22.0 \text{ MV/m}$ (掺氮工艺)
- 对撞环 650 MHz 1-cell SRF cavity: $Q = 6.3E10 @ 31.0 \text{ MV/m}$ (表面抛光)



Vertical test of 650 MHz 2-cell cavity



Vertical test of 650MHz 1-cell Cavity



超导腔性能超过CEPC设计指标

Medium-temperature (Mid-T) annealing adopted to reach $Q_0 = 3.4E10 @ 26.5 \text{ MV/m}$

N-infusion adopted to reach $Q_0 = 6.0E10 @ 22.0 \text{ MV/m}$

Cold-EP and Mid-T baking $Q_0 = 6.0E10 @ 31 \text{ MV/m}$

CEPC 加速器关键技术: 超导加速腔模组

CEPC 1.3GHz 超导腔模组(8×9-cell)与自由电子激光项目联合研发

Parameters	Horizontal test results	CEPC Booster Higgs Spec	LCLS-II, SHINE Spec	LCLS-II-HE Spec
Average usable CW E_{acc} (MV/m)	23.1	3.0×10^{10} @ 21.8 MV/m	2.7×10^{10} @ 16 MV/m	2.7×10^{10} @ 20.8 MV/m
Average Q_0 @ 21.8 MV/m	3.4×10^{10}			

超导腔性能超过CEPC的设计指标

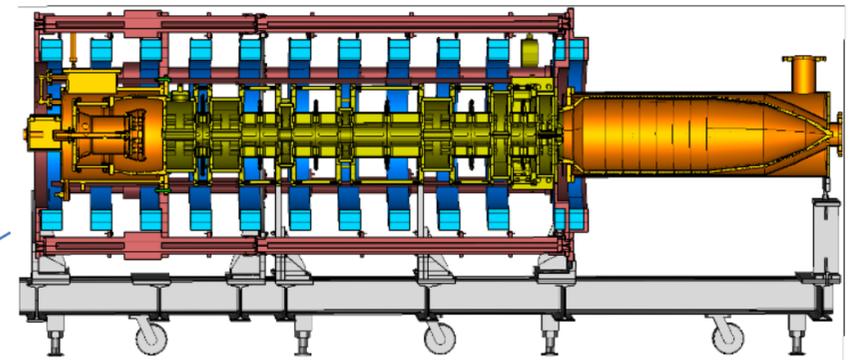


CEPC 加速器关键技术: 高效率速调管

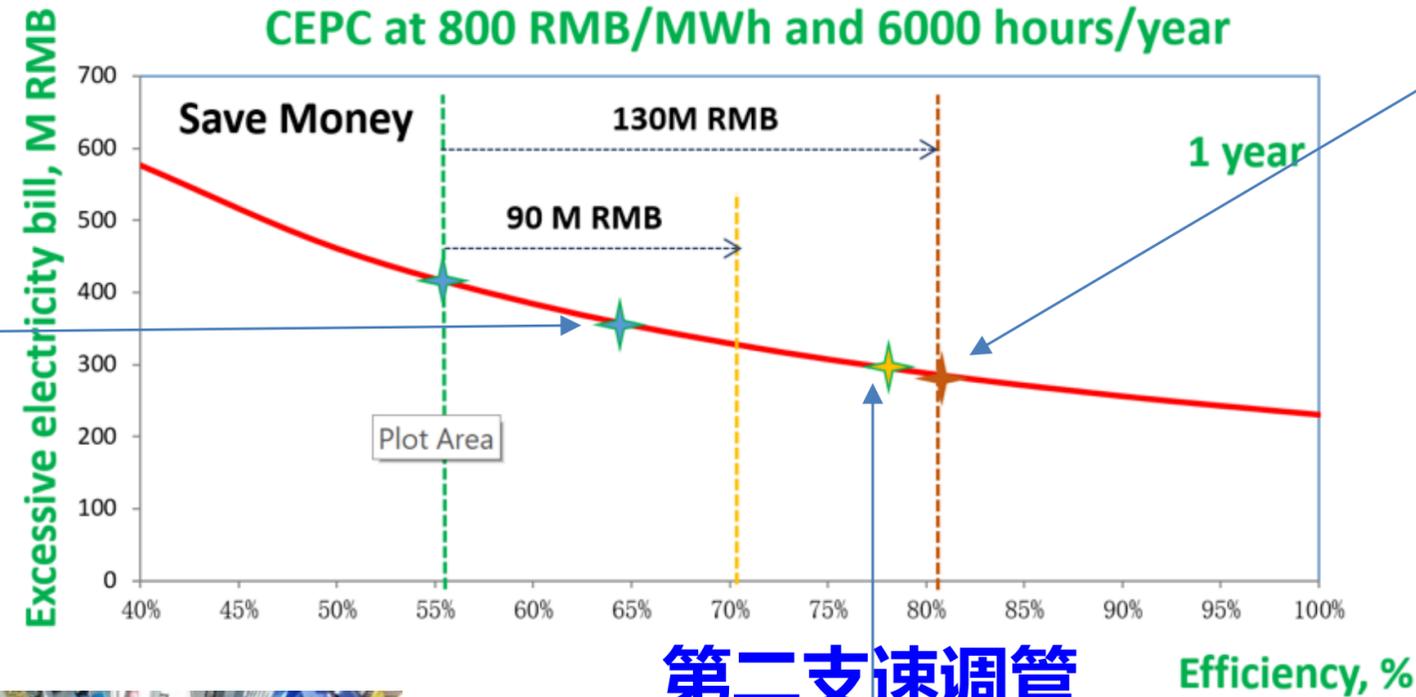
高效率速调管是CEPC加速器的关键核心技术之一

- 第一支速调管样机通过测试, 功率转换效率达到: ~ 62%
- 第二支速调管样机研制成功, 2024年2月测试效率: ~ 77.2%
- 多注速调管设计已完成, 样机研制中, 设计效率: ~ 80.5%

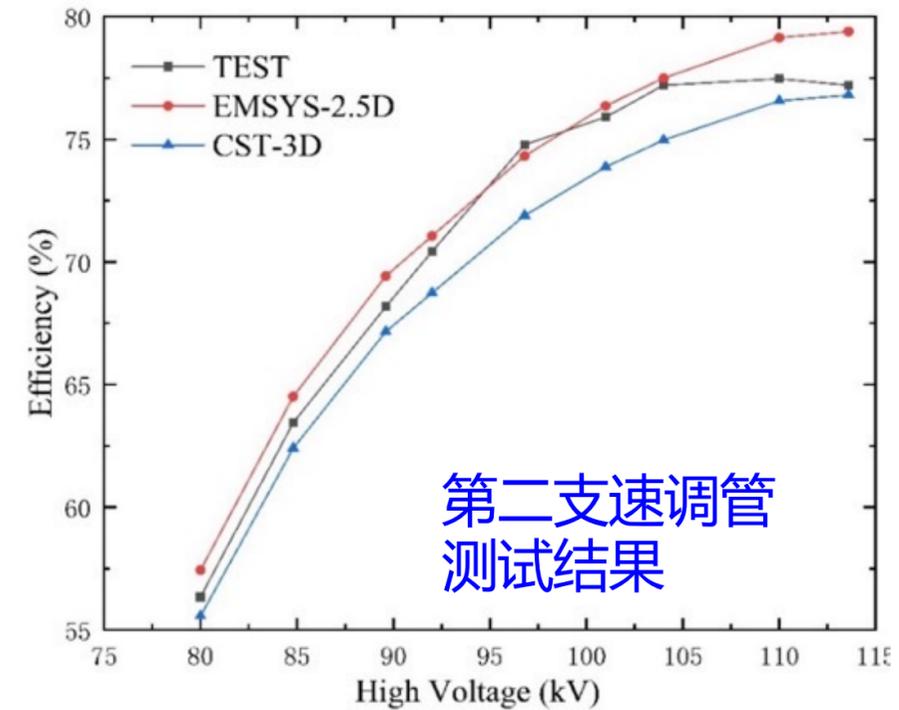
多注速调管 (MBK)
样机研制中



第一支速调管



第二支速调管



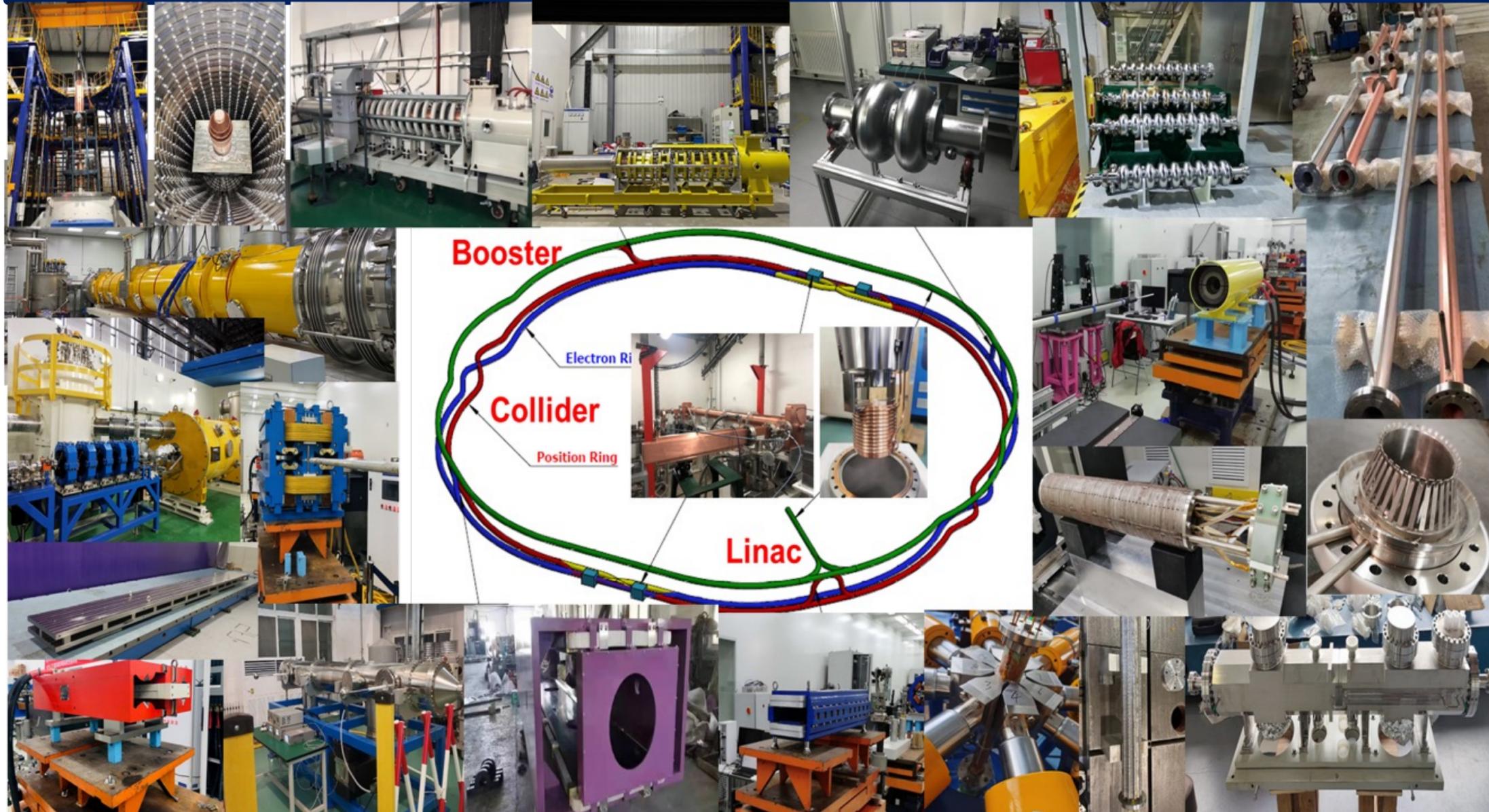
第二支速调管
测试结果

CEPC加速器关键技术：与国际同行对比

加速器关键技术	CEPC要求	IHEP现状	CERN现状	Fermilab现状	KEK现状	LBNL现状
1.3GHz SRF加速腔 9-cell	Q=3.0E10 @ 22 MV/m	Q=4.9E10 @ 31MV/m	初步进展	相当	相当	无
650 MHz SRF加速腔 2-cell	Q=4.0E10 @ 22 MV/m	Q=6.0E10 @ 22MV/m	无	相当	无	无
650 MHz SRF加速腔 1-cell	Q=4.0E10 @ 22 MV/m	Q=6.3E10 @ 31MV/m	无	相当	无	无
高效率速调管 Klystron	效率 ~80%	~ 77.2% 在研~80.5%	在研~80%	无	~60%	无
高场磁体	20-24 T (SPPC)	14T@4.2K 世界记录	14T@1.9K	14.5T@ 1.9K	10T@4.2K	14T@1.9K

CEPC加速器关键技术：预研总体情况

- CEPC TDR 加速器关键技术预研覆盖了CDR中列出的所有关键部件
- 约90%的部件性能已经达到CEPC指标要求，另外约10%的部件在研制或测试中，例如 RF功率源、加速器集成和控制系统、检测与准直系统、超导磁铁关键技术等需要进一步研究，预期2026年完成。



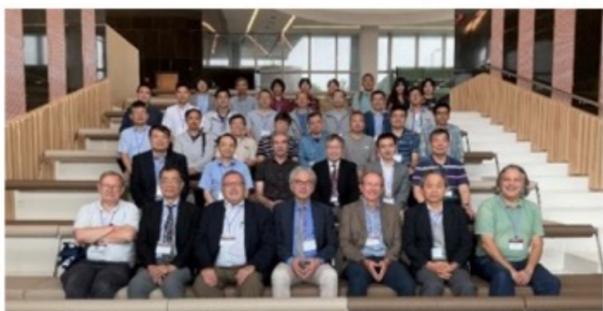
- ✓ Specification Met
- ✓ Prototype Manufactured

Accelerator	Fraction
✓ Magnets	27.3%
✓ Vacuum	18.3%
✓ RF power source	9.1%
✓ Mechanics	7.6%
✓ Magnet power supplies	7.0%
✓ SC RF	7.1%
✓ Cryogenics	6.5%
✓ Linac and sources	5.5%
✓ Instrumentation	5.3%
✓ Control	2.4%
✓ Survey and alignment	2.4%
✓ Radiation protection	1.0%
✓ SC magnets	0.4%
✓ Damping ring	0.2%

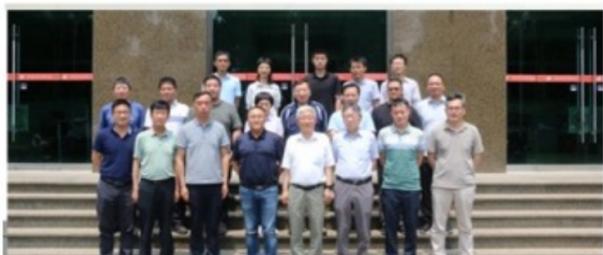
CEPC项目重要里程碑：加速器TDR



CEPC Accelerator TDR Review
June 12-16, 2023, Hong Kong



CEPC Accelerator TDR Cost Review
Sept. 11-15, 2023, Hong Kong



Domestic Civil Engineering
Cost Review, June 26, 2023, IHEP



9th CEPC IAC 2023 Meeting
Oct. 30-31, 2023, IHEP

2023年12月发布 CEPC 加速器技术设计报告 TDR

IHEP-CEPC-DR-2023-01

IHEP-AC-2023-01

CEPC

Technical Design Report

Accelerator

arXiv:2312.14363
1114 authors
278 institutes
(159 foreign institutes)
38 countries
1090 pages

The CEPC Study Group
December 2023



CEPC 造价：364亿元人民币

总计 (亿元)	364	100%
加速器	190	52%
土建施工	101	28%
探测器	40	11%
γ 束流线	3	0.8%
项目管理	3	0.8%
不可预见费用	27	7.4%

CEPC加速器工程设计: TDR → EDR

CEPC 加速器工程设计分成35个工作小组, 旨在解决工程实施方面的关键技术。

CEPC Accelerator Main EDR Development: SRF



全尺寸6支650MHz 2-cell 超导腔模组的工程设计

The collider Higgs mode for 30 MW SR power per beam will use 32 units of 11 m-long collider cryomodules will contain six 650 MHz 2-cell cavities, and therefore, a full size 650 MHz cryomodule will be developed in EDR

CEPC Accelerator Main EDR Development: Klystrons

高效率速调管的工程设计

Parameters	Value
Frequency	5720 MHz
Output Power	80 MW
Pulsed width	47%
3dB bandwidth	±5 MHz
Beam voltage	420 kV
Beam current	403 A
Focusing field	0.28 T

CEPC collider ring 650MHz klystron development in TDR phase

C band 5720MHz 80MW Klystron design progress

CEPC Alignment and Installation Plan in EDR

CEPC加速器安装和准直系统的工程设计

Alignment accuracy requirement

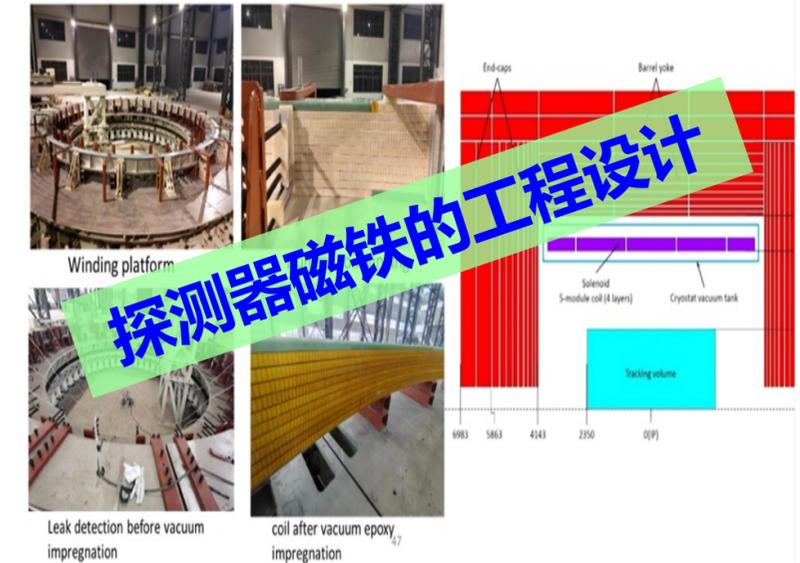
Component	Δx (mm)	Δy (mm)	$\Delta\theta_z$ (mrad)
Dipole	0.10	0.10	0.10
Arc Quadrupole	0.10	0.10	0.10
IR Quadrupole	0.10	0.10	0.10
Sextupole	0.10*	0.10*	0.10

*Implement beam-based alignment

Backbone Control network (short line:300m; long line 600m) 1:2024.11 (interval of 6 meters)

Tunnel Control network

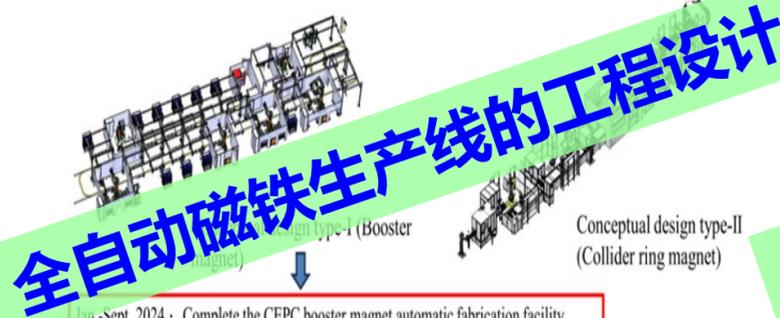
Detector dummy coil development



探测器磁铁的工程设计

CEPC Magnets' Automatic Production Lines in EDR

To reduce the fabrication cost of the magnets of CEPC, automatic magnet production lines will be demonstrated in EDR and used during construction

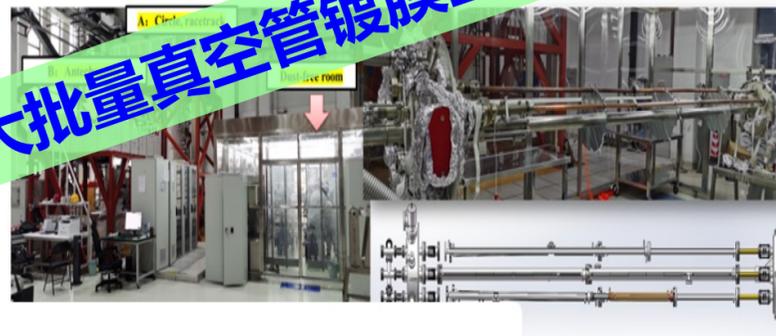


全自动磁铁生产线的工程设计

Jan.-Sept. 2024: Complete the CEPC booster magnet automatic fabrication facility design.
Oct. 2024-Jun. 2025: Complete the small scale demonstration facility for booster iron core fabrication.

Massive Production Line of NEG Coating Vacuum Chambers in EDR

- The coating device A: Vacuum chambers are connected in parallel to 6 groups, each group of vacuum chambers length should be lower than 3.5m, outer diameter is about 0.47m;
- The coating device B: Antechamber are connected in parallel to 4 groups, each group of vacuum chambers length should be lower than 1.5m, due to its discharge difficulty.
- Two setups of NEG coating have been built for vacuum pipes of HEPS at IHEP Lab. And the results have been coated, which shows that NEG film has good adhesion and thickness.
- In EDR phase a dedicated CEPC NEG coated vacuum chamber production line is planned.



大批量真空管镀膜生产线的工程设计

CEPC MDI in EDR

加速器与探测器在碰撞区界面的工程设计

MDI Layout

General Parameters

SR Calculation

Radiation Mitigation: Masks, collimators, shielding

Injection beam

detector group: Background, Be pipe, RVC, integration, alignment, mechanics,...

CEPC Tunnel Mockup for Installation in EDR

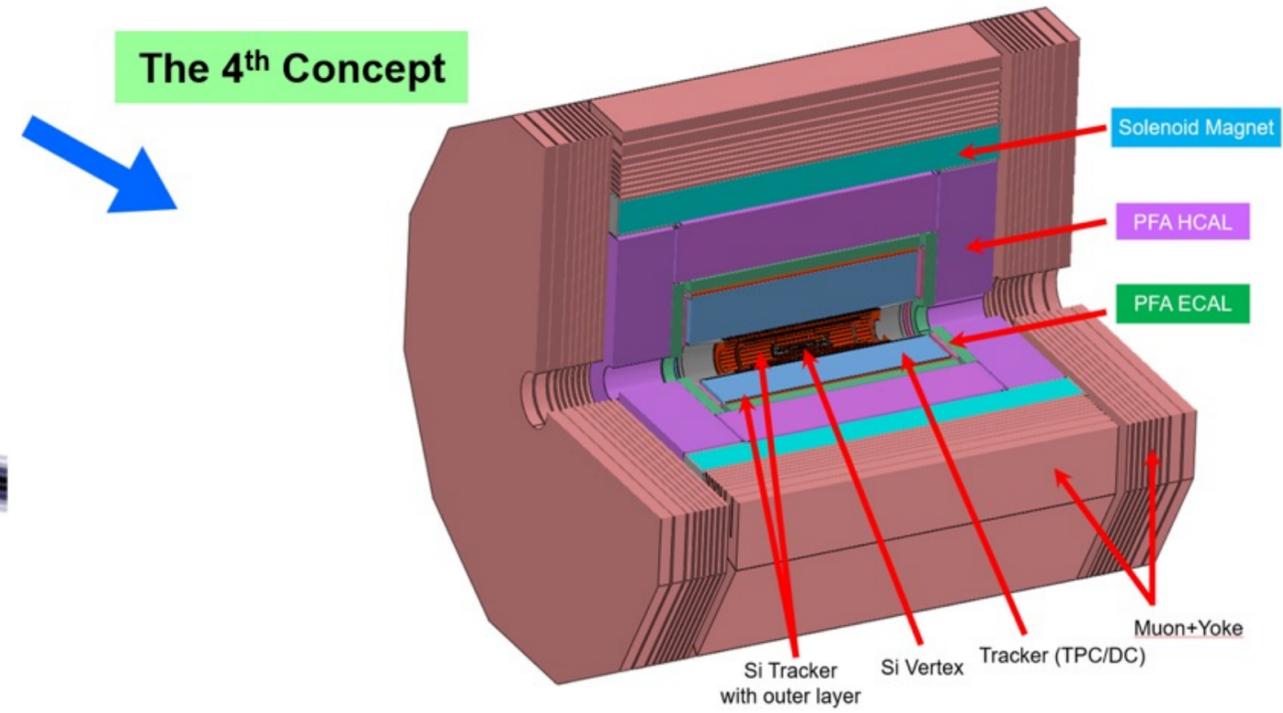
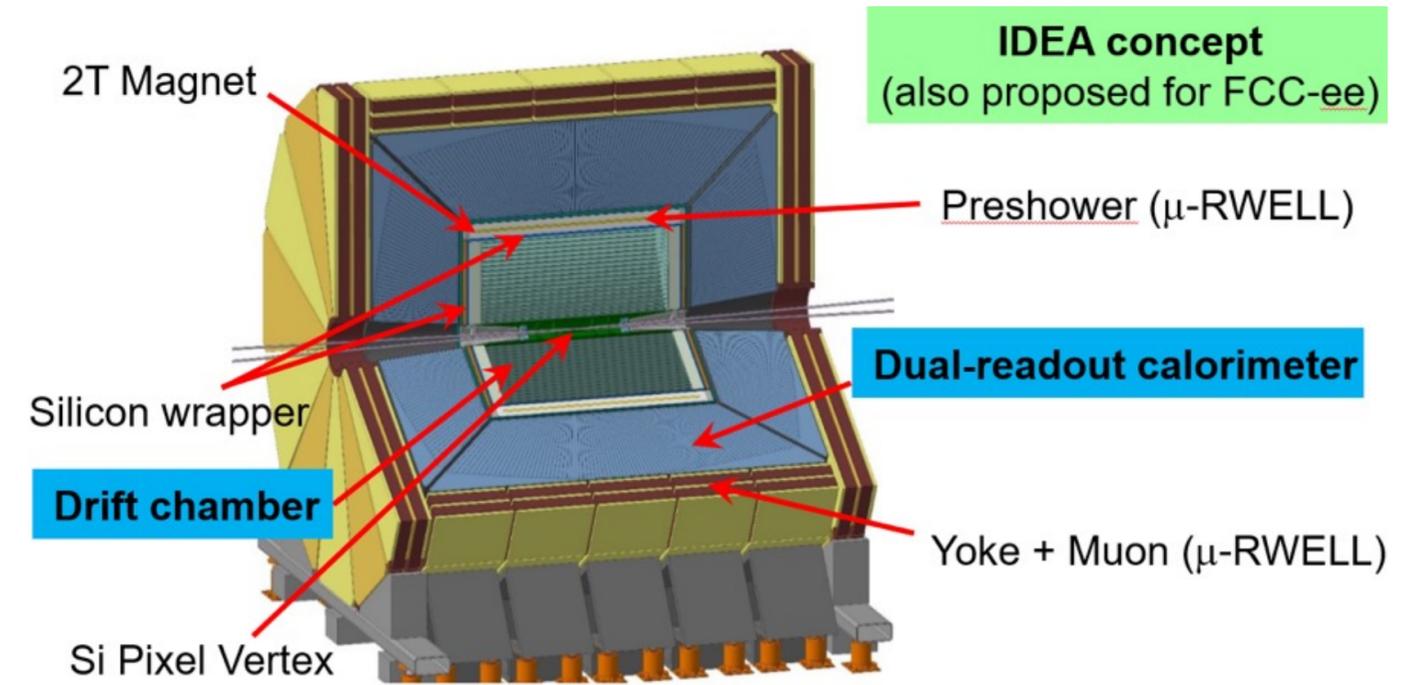
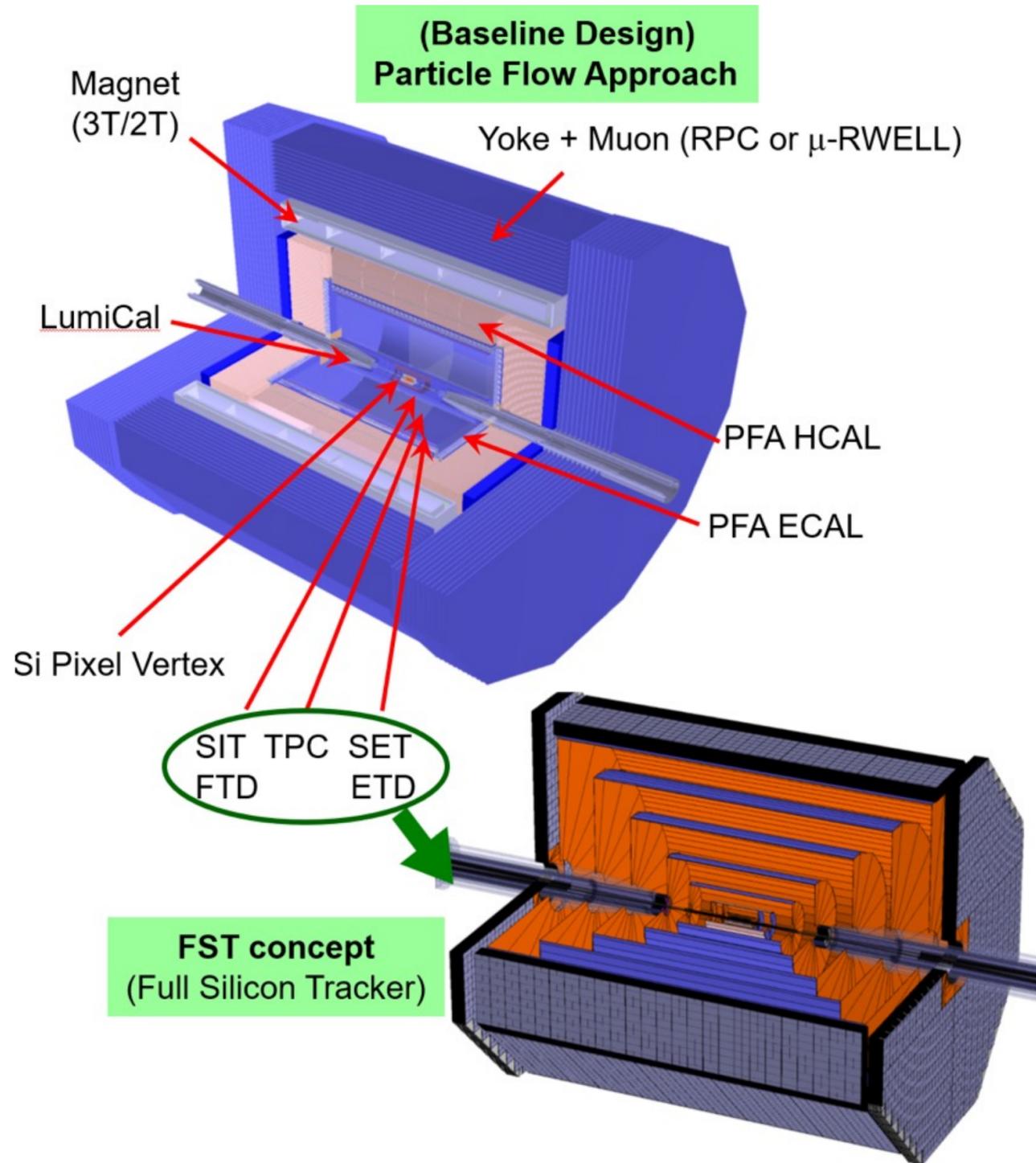


隧道模型实景展示的工程设计

A 60 m long tunnel mockup, including parts of arc section and part of RF section

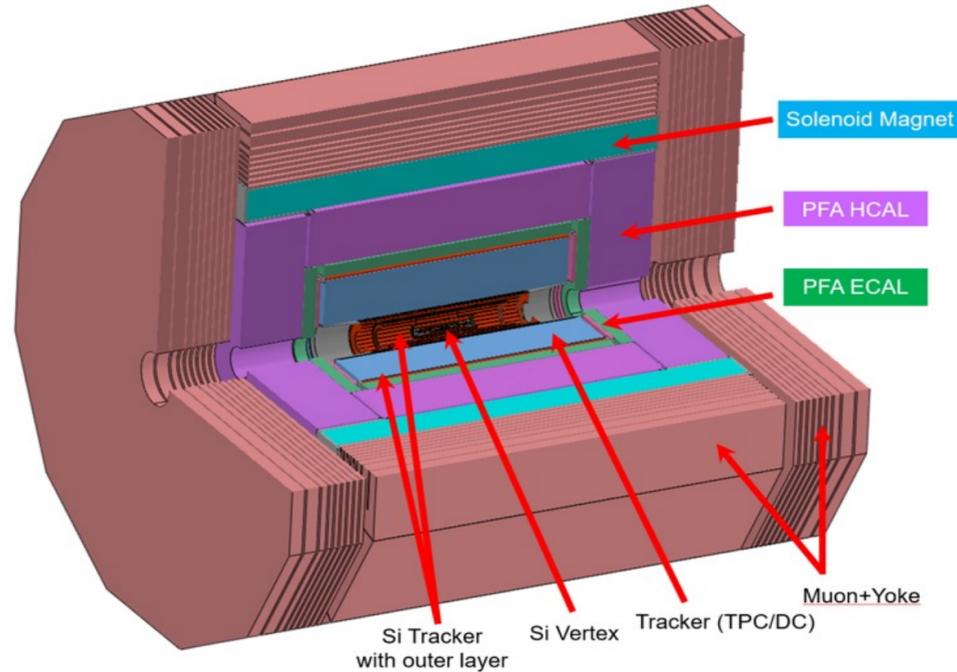
To demonstrate the inside tunnel alignment and installation, especially for booster installation on the roof of the tunnel

CEPC探测器：CDR → 新概念



基于新概念的CEPC探测器设计方案

CDR探测器（专注Higgs精确测量） → 新概念探测器（多才多艺）
 充分满足CEPC广谱物理需求，全面深入挖掘CEPC的物理潜力

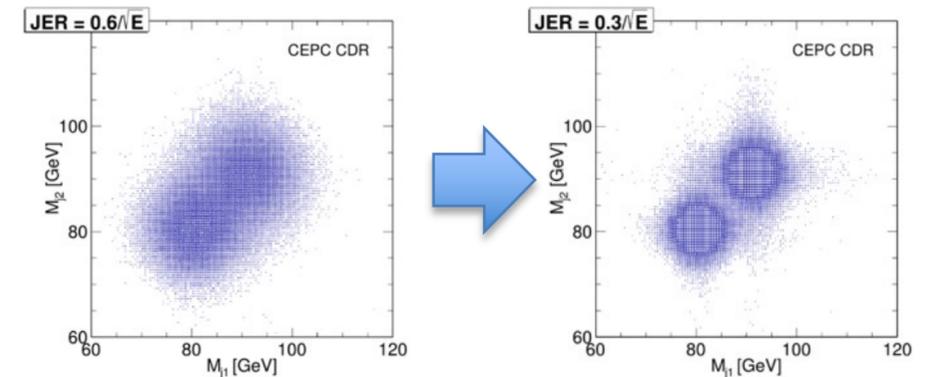
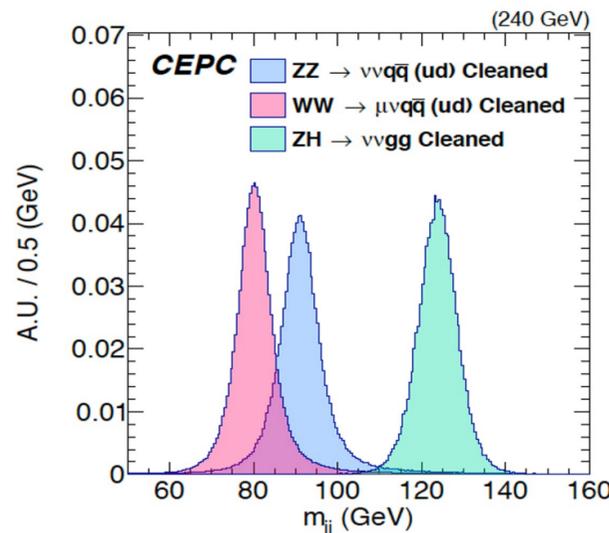


CEPC新设计方案仍基于粒子量能器，但

- 提升玻色子质量分辨 4% → 3%
- 精确电磁能量测量 15% → 3%
- 具有强子鉴别能力 3σ @20GeV/c

探测器	国际水平	新设计方案
PFA ECAL	~ 15-20% / \sqrt{E}	~ 3% / \sqrt{E}
PFA HCAL	~ 50-60% / \sqrt{E}	~ 40% / \sqrt{E}

- 硅径迹探测器联合具有PID的TPC/DC：
提升径迹重建和粒子鉴别能力
- 基于晶体的高颗粒度PFA电磁量能器：
提高 π^0 , γ 电磁能量分辨
- 基于闪烁玻璃的高颗粒度强子量能器：
提高取样率和能量分辨

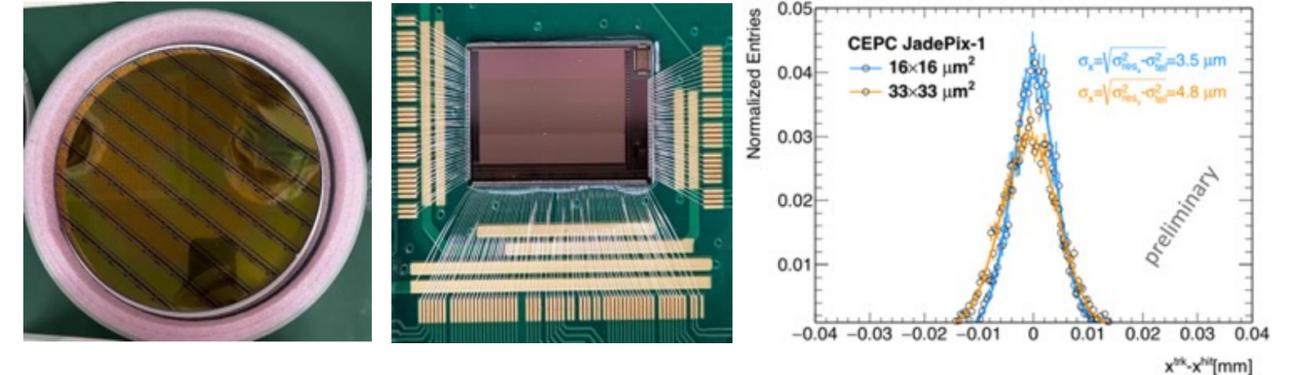


CEPC探测器关键技术

开展CEPC探测器关键技术预研、样机研制和束流实验分析等，全面覆盖各子探测器系统。

表 3.2：CEPC 各子探测器的关键技术与指标

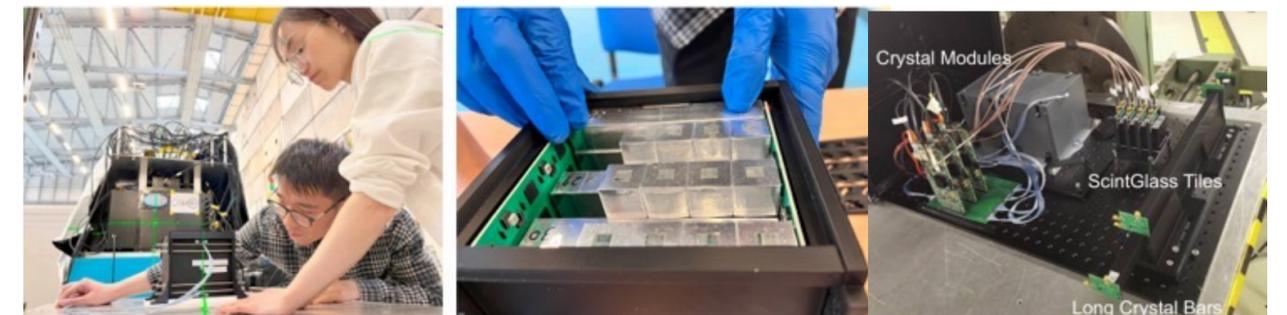
探测器系统	关键技术	关键指标
硅顶点探测器系统	单片集成硅像素芯片 低物质探测器结构	空间分辨率 ~3 微米 物质质量 <0.15% X_0 (每层)
硅径迹探测器系统	大面积硅探测器	粒子动量分辨率 $\sigma\left(\frac{1}{p_T}\right) \sim 2 \times 10^{-5} \oplus \frac{1 \times 10^{-3}}{p \sin^{3/2} \vartheta} (\text{GeV}^{-1})$
气体径迹探测器系统	高精度 dE/dx (dN/dx) 的测量	~2%
时间探测器	高时间分辨的硅探测器	时间分辨率 ~30 皮秒
电磁量能器	4D 晶体量能器，高精度的能量与位置测量，支持粒子流重建	电磁能量分辨率 ~ 3%/√E(GeV) 三维等效颗粒度约 2cm×2cm×2cm
磁铁系统	低质量的高温超导磁铁	磁场强度 2-3 T 磁体径向厚度 < 150 毫米 物质质量 <1.5 X_0
强子量能器	基于闪烁玻璃的高精度强子量能器	单强子能量分辨率 ~ 40%/√E(GeV) 支持粒子流喷注分辨率 ~ 30%/√E(GeV)



硅像素芯片与硅像素探测器

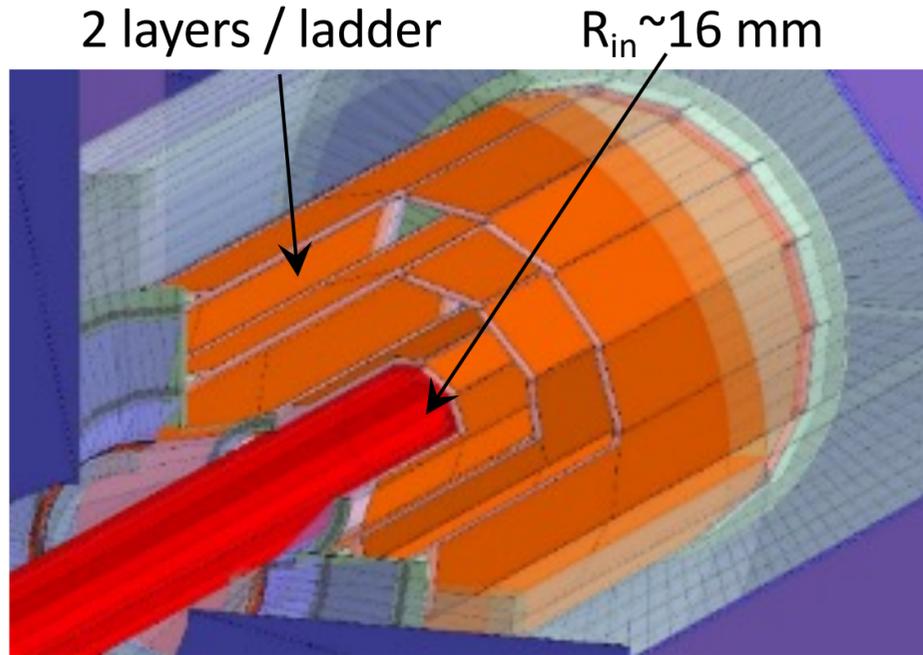


大体积气体径迹室



晶体量能器和闪烁玻璃

硅像素芯片

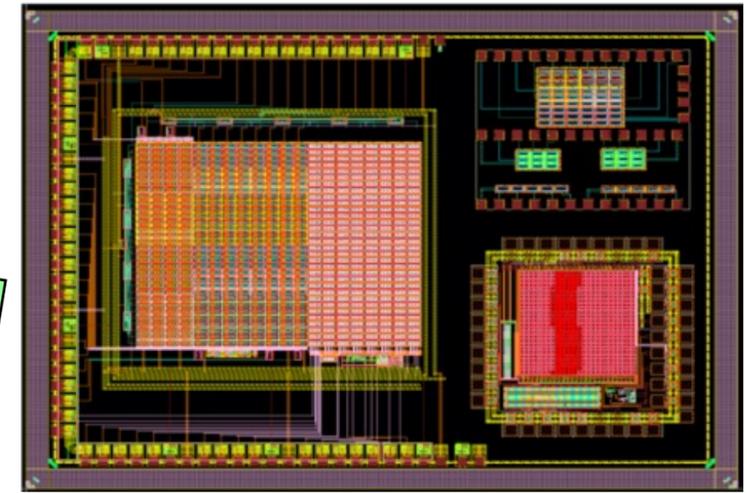


设计目标: 空间分辨 $\sigma(\text{IP}) \sim 5$ 微米
CEPC CDR 设计指标

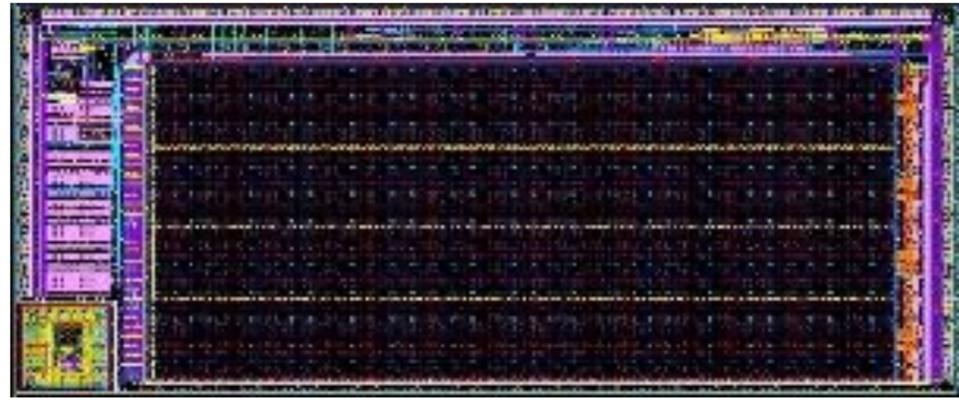
- 单点位置精度 ~ 3 微米
- 低质量 ($0.15\% X_0 / \text{层}$)
- 低功耗 ($< 50 \text{ mW/cm}^2$)
- 抗辐照能力 (1 Mrad / 年)

研制了五个系列的硅像素芯片:
 JadePix, TaichuPix, CPV, Arcadia, COFFEE

Develop **COFFEE** for a CEPC tracker using SMIC 55nm HV-CMOS process



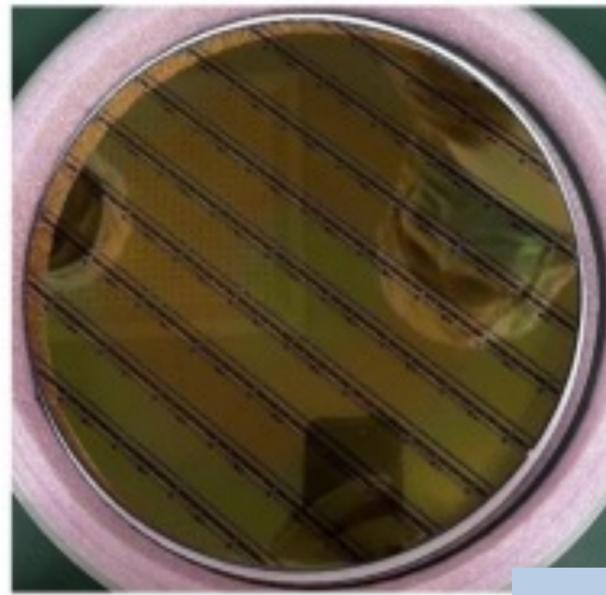
JadePix-3 Pixel size $\sim 16 \times 23 \mu\text{m}^2$



Tower-Jazz 180nm CiS process
 Resolution 5 microns, 53 mW/cm^2

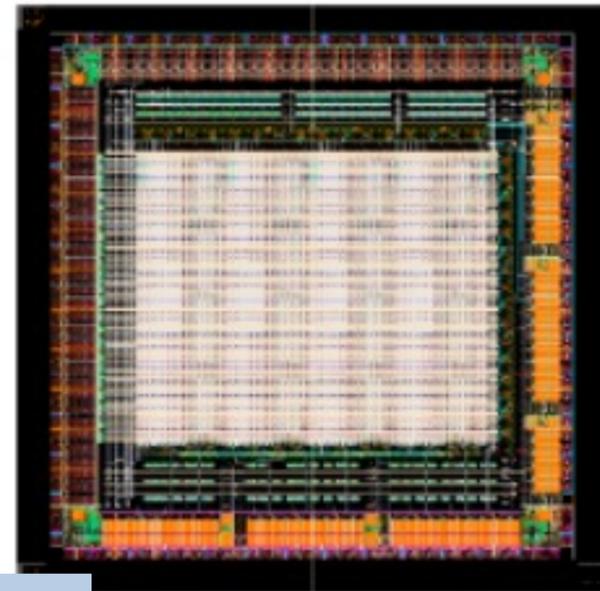
MOST 1

TaichuPix-3, FS $2.5 \times 1.5 \text{ cm}^2$
 $25 \times 25 \mu\text{m}^2$ pixel size

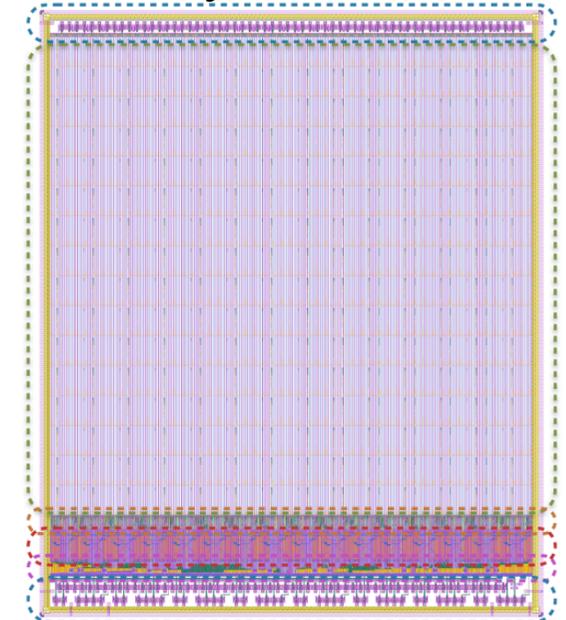


MOST 2

CPV4 (SOI-3D), 64×64 array
 $\sim 21 \times 17 \mu\text{m}^2$ pixel size

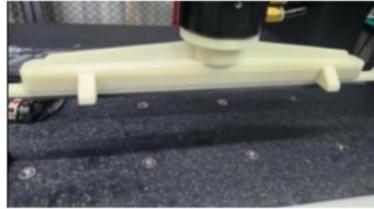


Arcadia by Italian groups for IDEA vertex detector
 LFoundry 110 nm CMOS

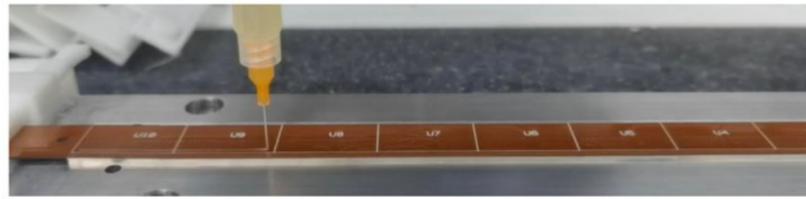


硅像素探测器系统

New pickup tools



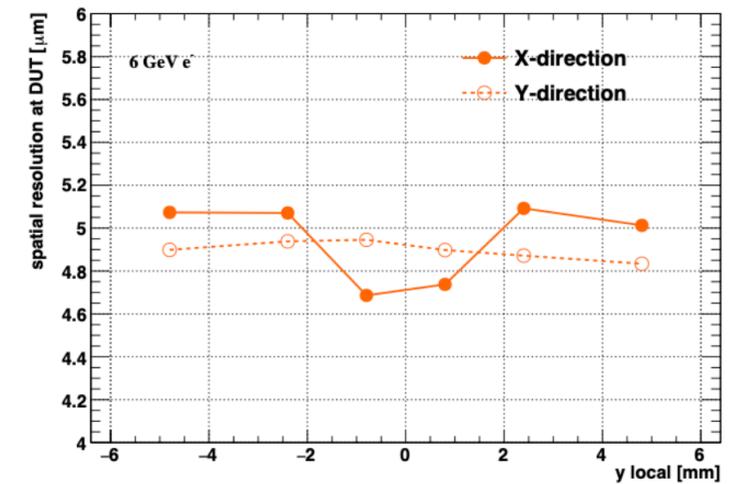
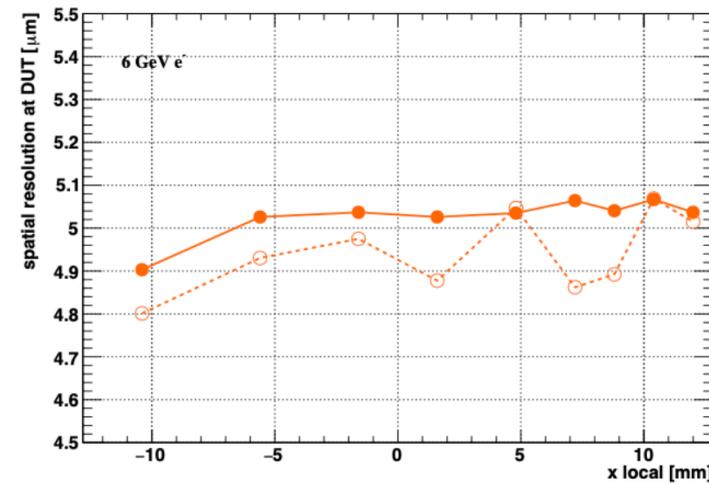
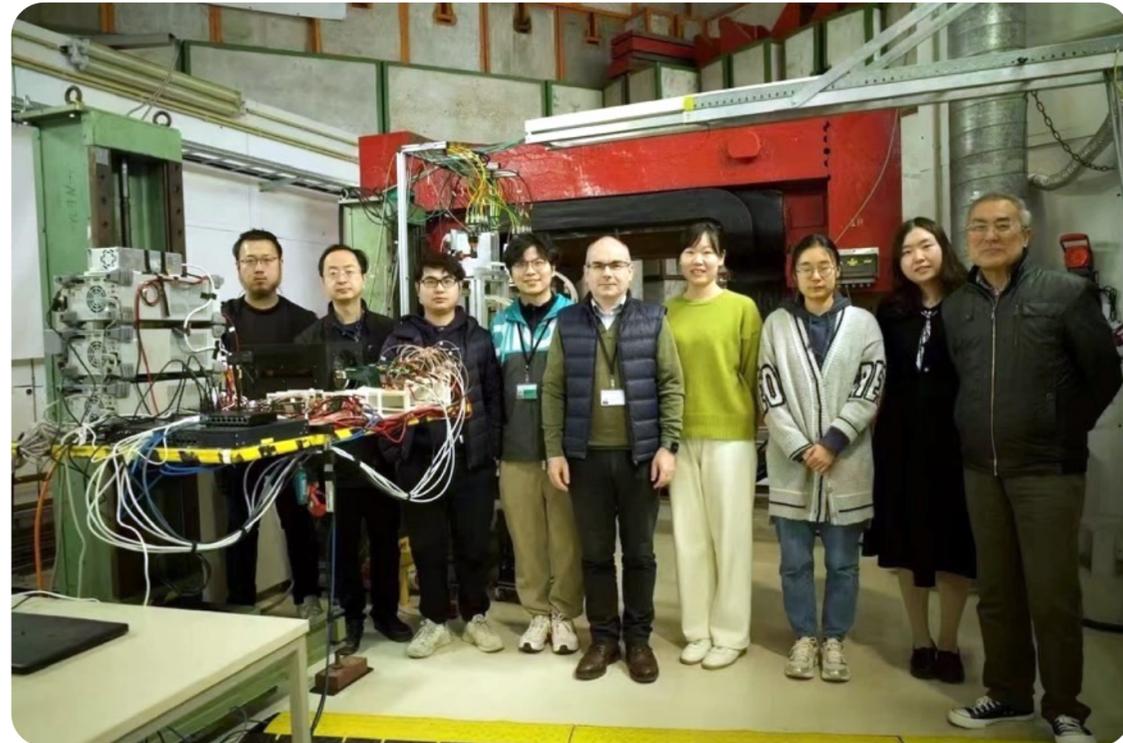
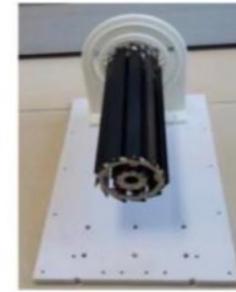
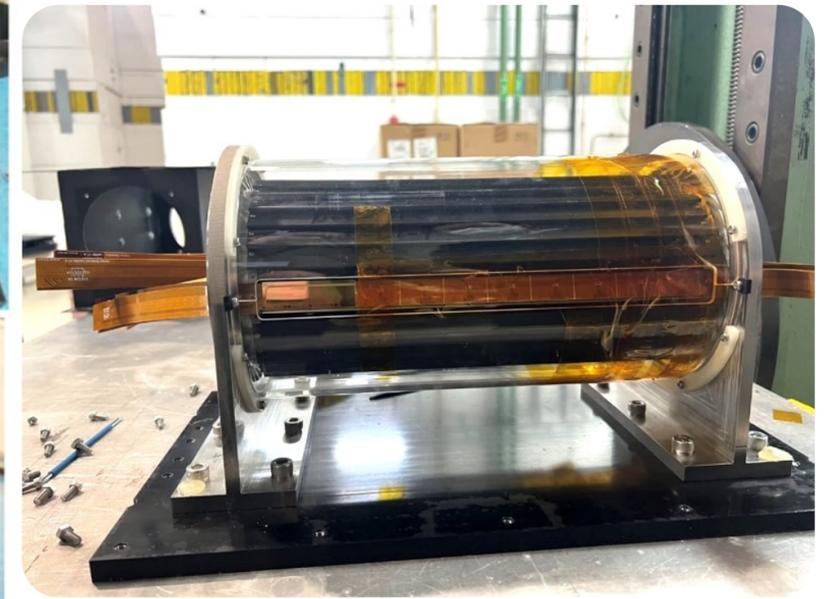
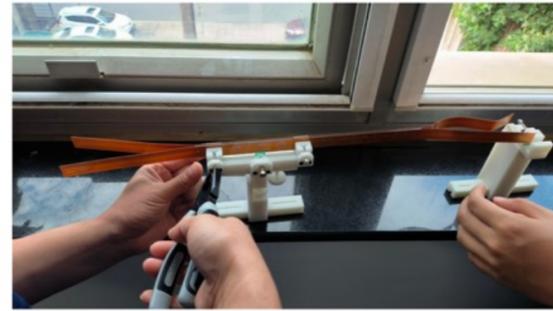
Dummy ladder glue automatic dispensing using gantry



Ladder on wire bonding machine



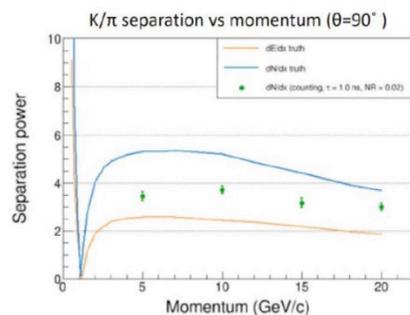
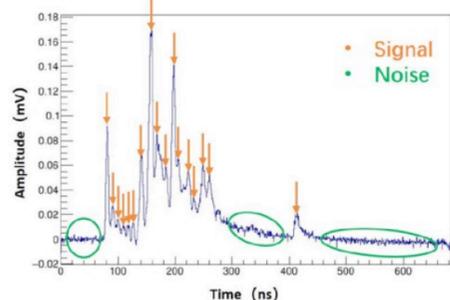
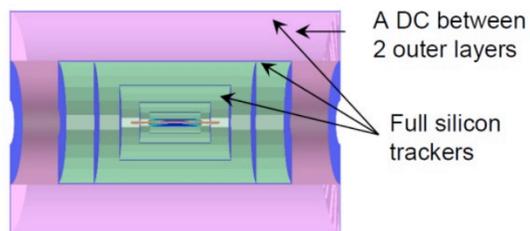
Dummy Ladder on holder



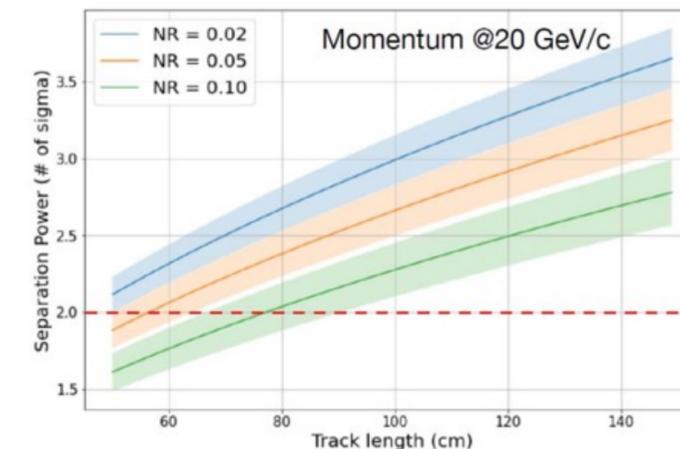
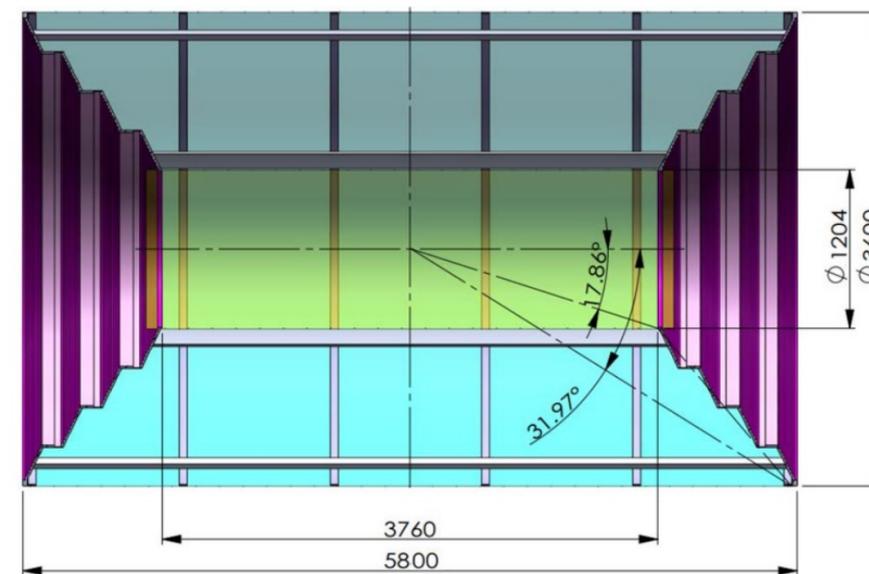
国内首个硅像素探测器原型，实测位置分辨 ~ 5 μm

大体积气体径迹室

- Goal: 3σ π/K separation up to ~ 20 GeV/c.
- Cluster counting method, or dN/dx , measures the number of primary ionization
- Can be optimized specifically for PID: larger cell size, no stereo layers, different gas mixture.
- Garfield++ for simulation, realistic electronics, peak finding algorithm development.

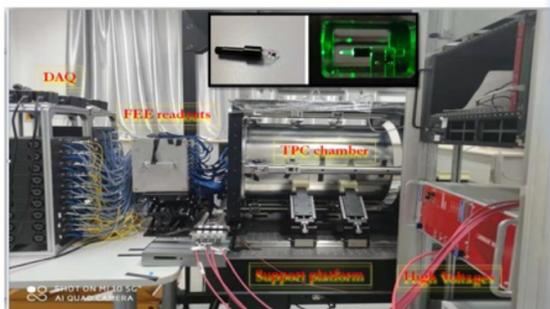


IHEP and Italian INFN groups have close collaboration and regular meetings. IHEP joined the TB (led by INFN group) in 2021 and 2022

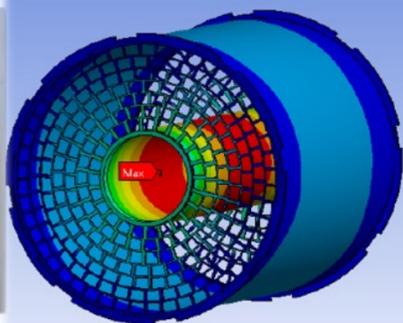


环形对撞机CEPC应用研究 — 时间投影室TPC技术

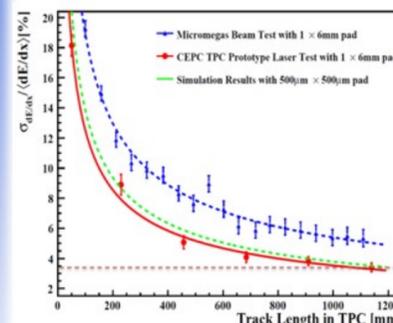
- 环形正负电子对撞机——研究最前沿基础物理性质和新物理，时间投影室TPC是CEPC TDR（技术设计报告）设计中的“基准主径迹探测器”
- 解决共性关键技术难点（国际LCTPC、FCCee、ILC合作组共性技术问题）
 - 完成正离子流控制 (IBF $\times G \leq 1$)、紫外激光径迹 (<100 μ m) 和粒子鉴别PID (<3.6%) 技术应用研究
 - 为进一步提高PID分辨，大Pad型读出研究 \rightarrow 小尺寸像素型Pixelated读出研究



激光TPC原型机



TPC (CEPC TDR) 全尺寸有限元分析



粒子鉴别PID研究

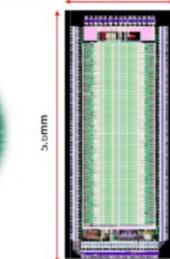
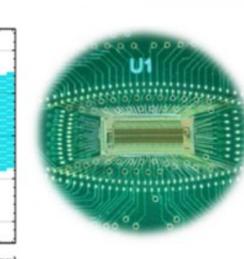
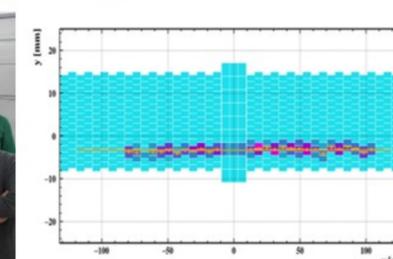
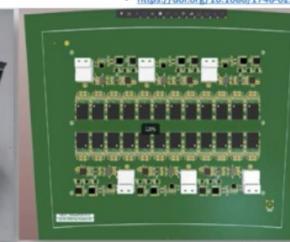
IJMPA 36.22 (2021)2142015
DOI:10.1016/j.nima.2020.164282

环形对撞机CEPC应用研究 — 像素型读出研究及国际合作

- 与国际合作组 (LCTPC/DRD1 WP4) 开展紧密合作与束流实验研究
- 基于Geant4/Garfield++开展全模拟研究: 小尺寸像素型 (百微米) TPC技术性能
- 合作研制出ASIC读出芯片 (TEPix) 和读出探测器模块, 下一步束流实验验证
 - 读出模块可实现1.0T下的电子束流实验

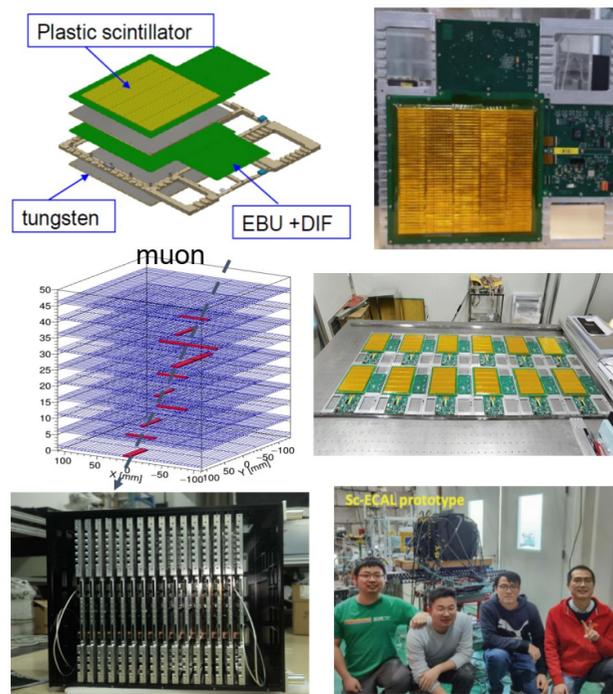
CEPC TPC 发表的论文 (近5年):

- <https://doi.org/10.1088/1748-0221/18/08/E08002>
- <https://doi.org/10.22323/1.449.0553>
- <https://doi.org/10.1016/j.nima.2022.167241>
- <https://doi.org/10.1109/NSS/MIC44867.2021.9875566>
- <https://doi.org/10.1109/NSS/MIC44845.2021.10399097>
- <https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/09/C09065>
- <https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/05/P05005>
- <https://doi.org/10.1142/S0217751X20410146>
- <https://doi.org/10.1088/1674-1137/41/5/056003>
- <https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/02/T02001>
- <https://doi.org/10.1088/1748-0221/12/07/P07005>



PFA电磁和强子量能器

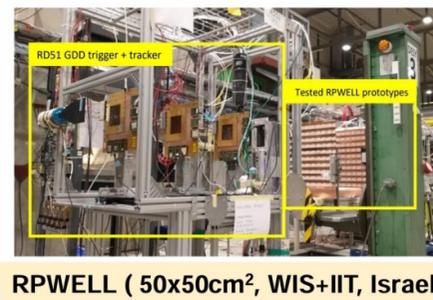
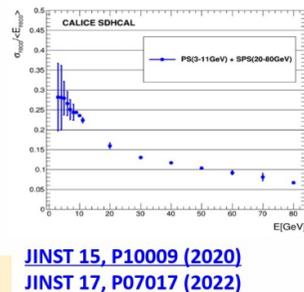
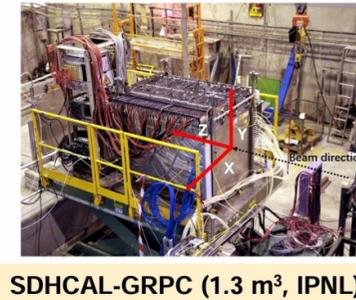
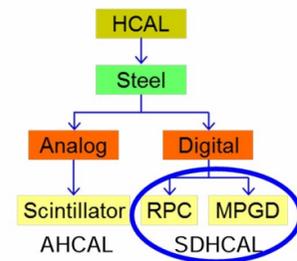
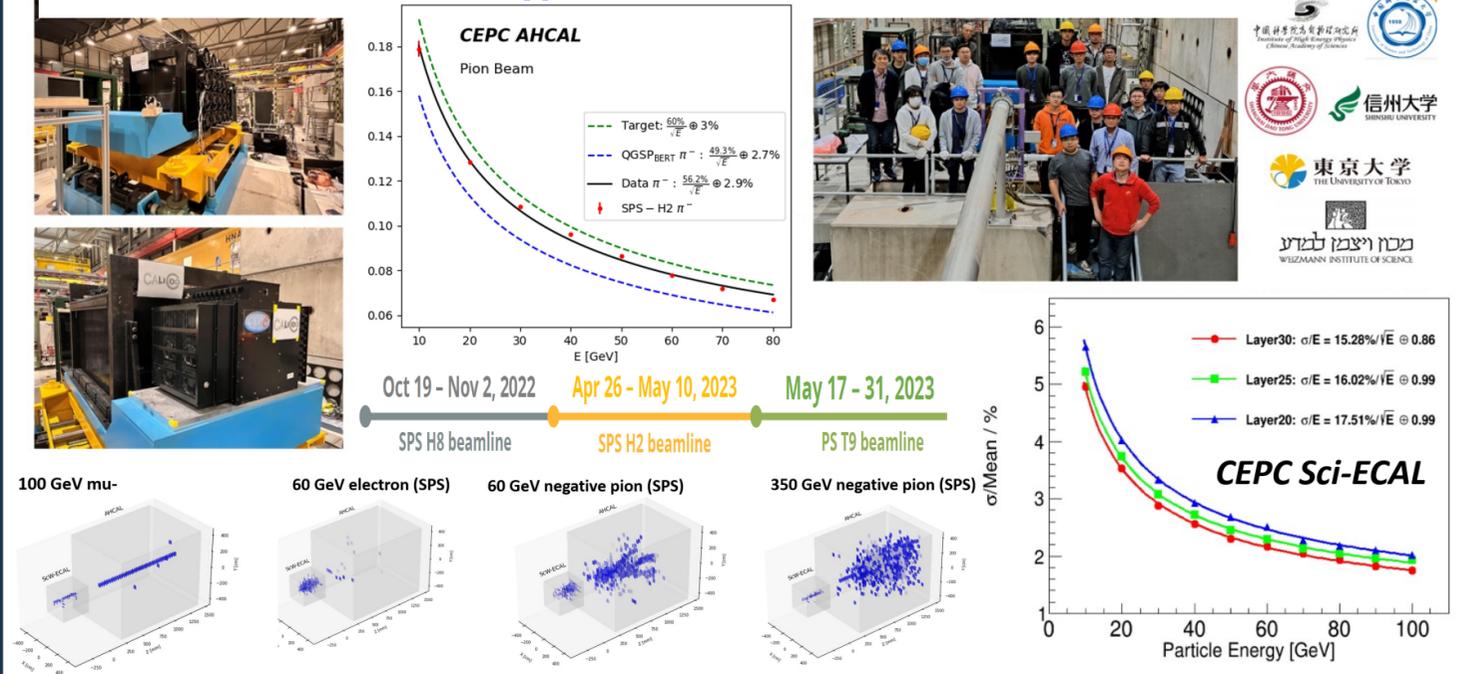
ScW ECAL Prototype (32-layer, 6720-ch)



Scintillator + SiPM AHCAL Prototype (40-layer, 12960-ch)



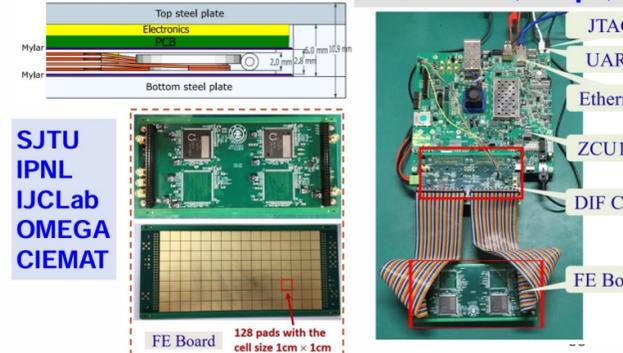
CEPC Calorimeter Prototypes: beam test at CERN in 2022 & 203



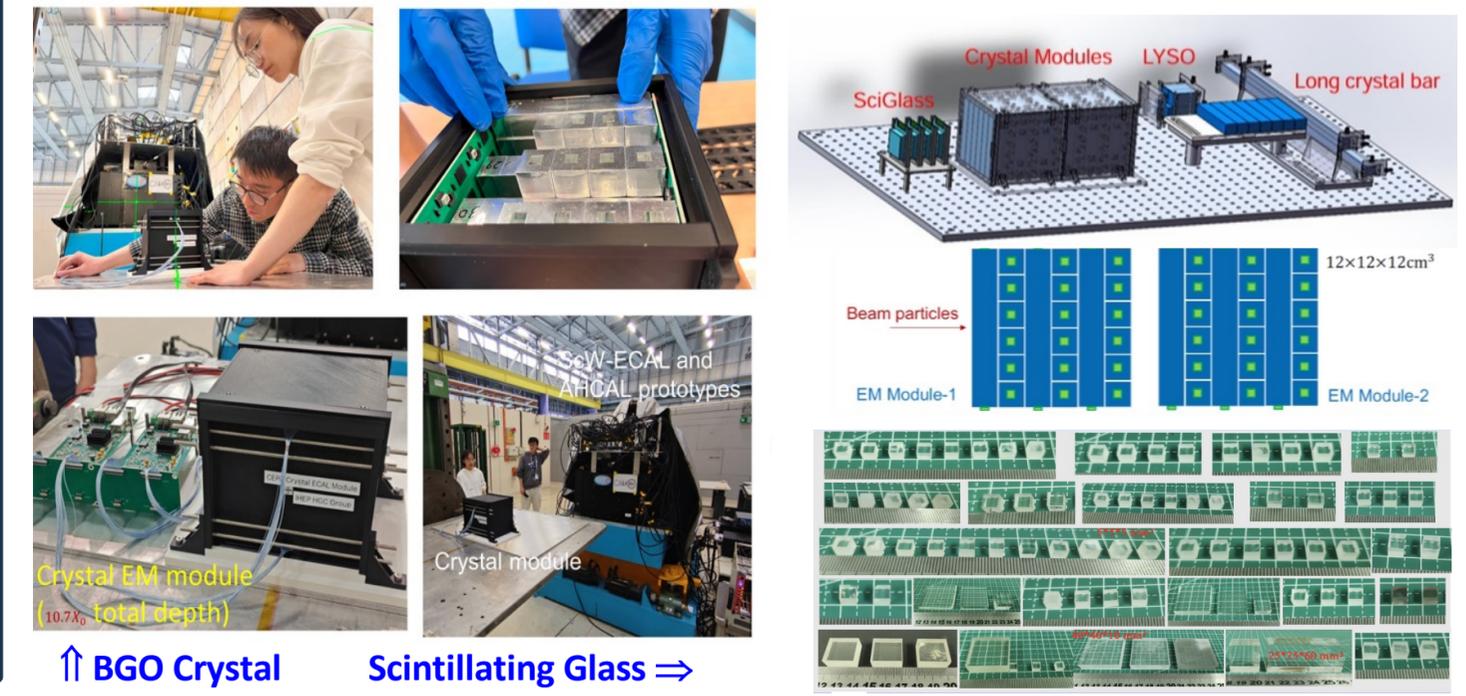
MOST 1: RPC and MPGD (RWELL) R&D, MIP Eff > 95%



R&D Plan: 5-D SDHCAL (X, Y, Z, E, Time) - MRPC + fast timing PETIROC ASIC (~40 ps)

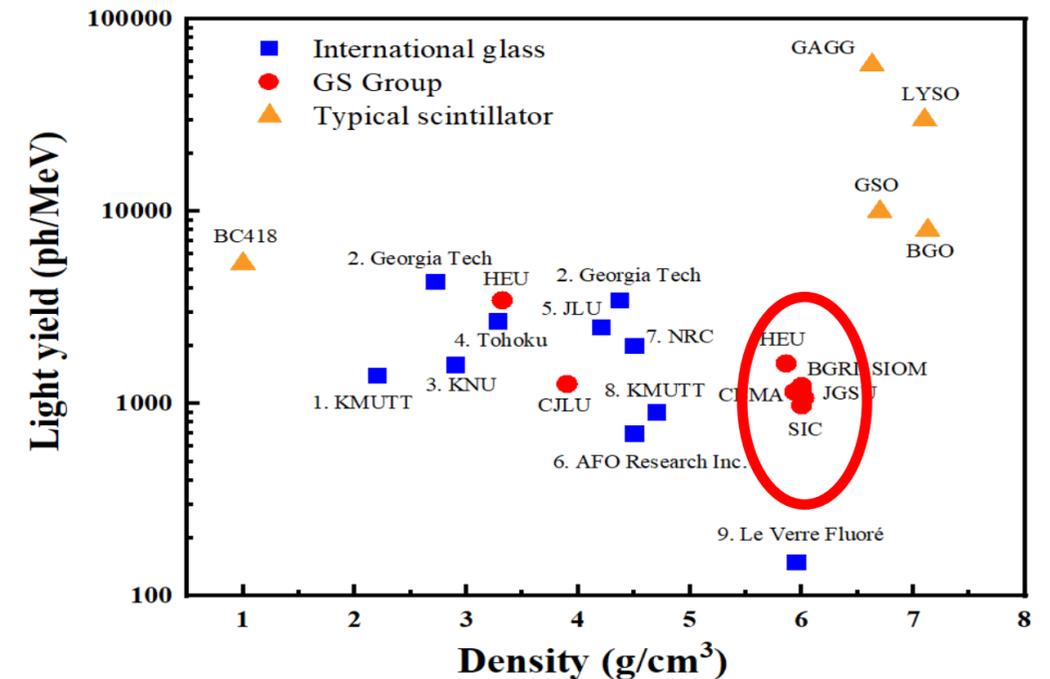
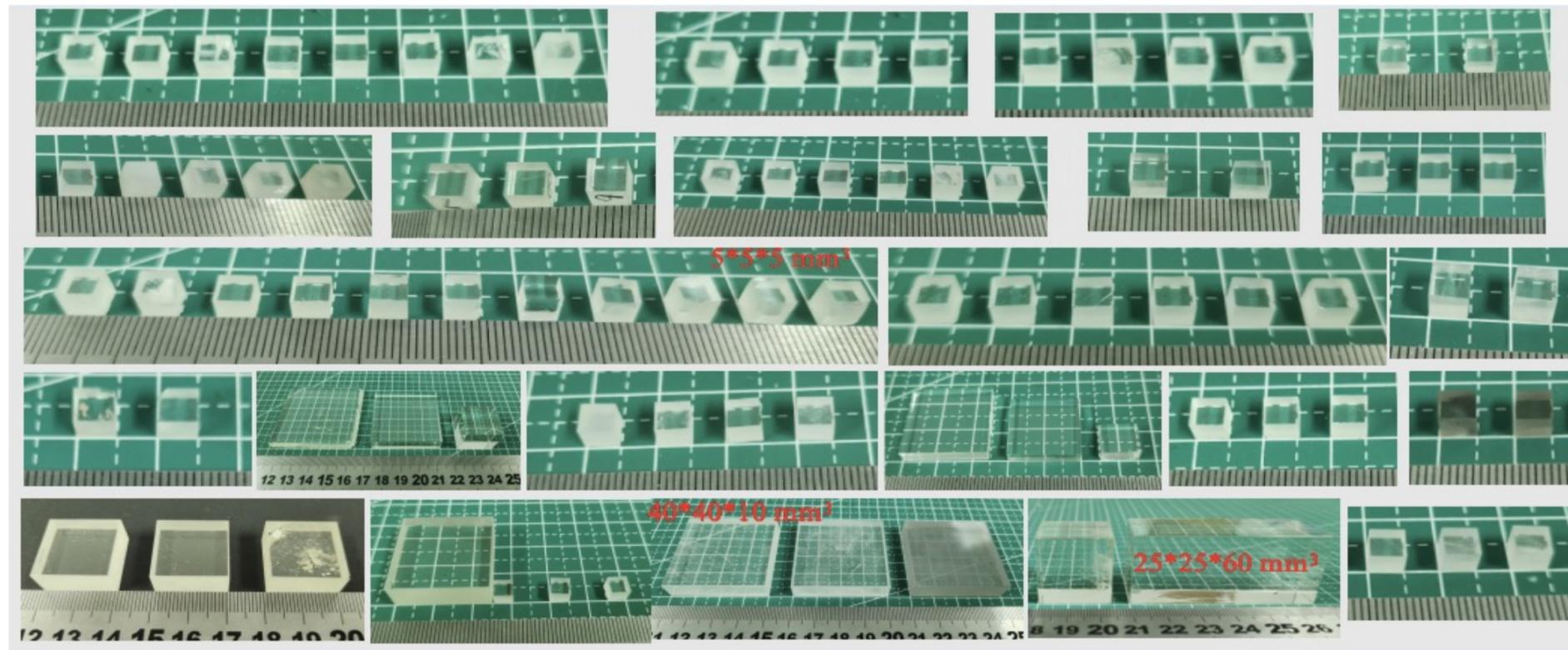
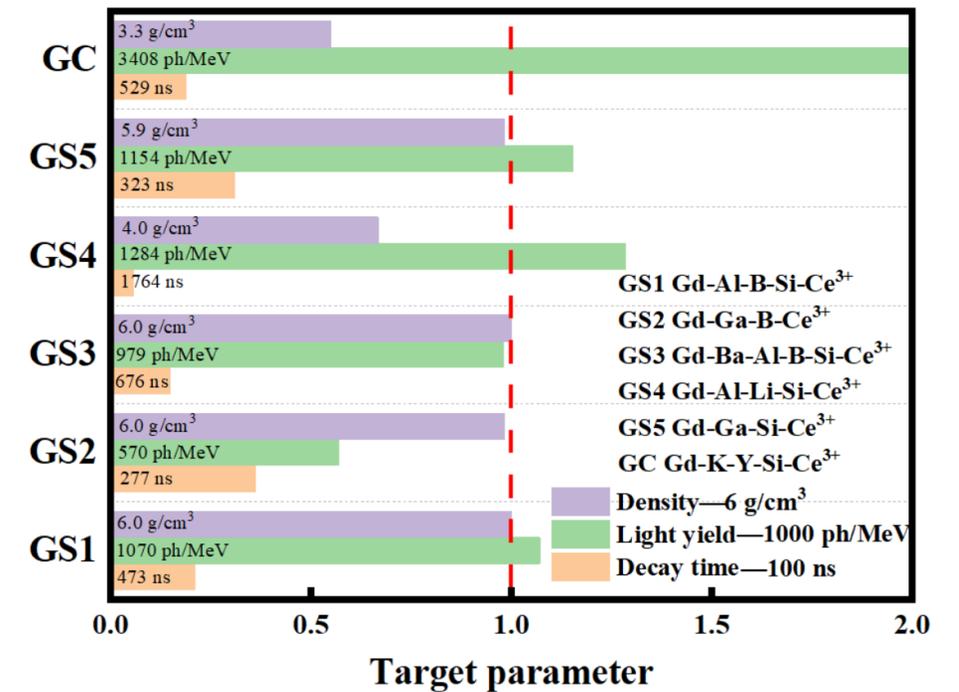


Crystal Modules: beam test at CERN and DESY in 2023 & 2024



玻璃闪烁体

- 成立玻璃闪烁体合作组，3所中科院研究所，5所大学，3家企业
- CEPC玻璃闪烁体性能要求: $\sim 6\text{g/cm}^3$, $\sim 1000\text{ph/MeV}$, $\sim 100\text{ns}$



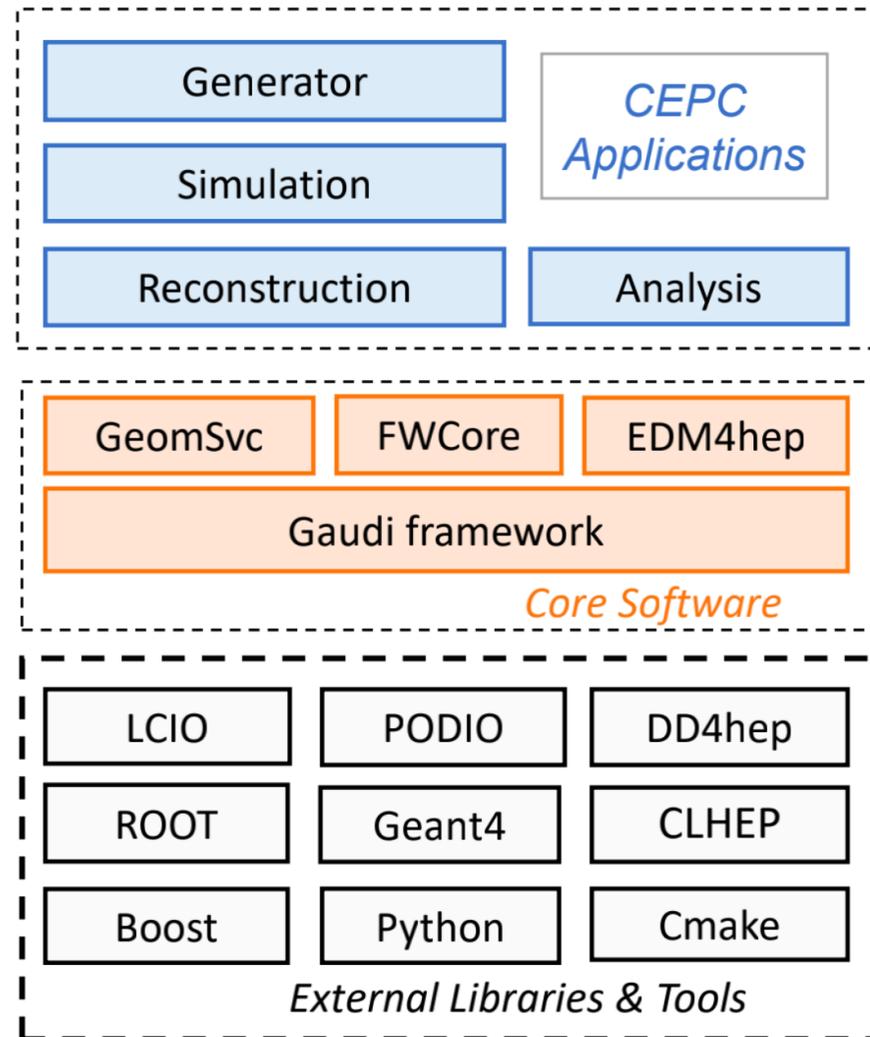
未来量能器发展的一个重要方向

CEPC探测器关键技术：预研总体情况

探测器关键技术	主要指标	CEPC物理需求	国际水平	CEPC样机现状
硅像素探测器	空间分辨率	~ 3 微米	3-5 微米	3-5 微米 小型样机
时间投影室 TPC	dE/dx, dN/dx 分辨率	~ 2%	~ 4%	~4% 小型样机
塑料闪烁体+SiPM+钨 电磁量能器	电磁能量分辨率 颗粒度	< 15% / \sqrt{E} $1 \times 1 \text{ cm}^2$	15-20% / \sqrt{E} $1 \times 1 \text{ cm}^2$	样机束流实验分析中 $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$
4D 晶体+SiPM 电磁量能器	电磁量能分辨率 三维等效颗粒度	~3% / \sqrt{E} < $2 \times 2 \times 2$ cm^3	~2% / \sqrt{E} N/A	小型样机束流实验中 $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$
塑料闪烁体+SiPM+钢 强子量能器	强子能量分辨率	< 60% / \sqrt{E}	57.6% / \sqrt{E}	56.2% / \sqrt{E} 样机束流实验
闪烁玻璃+SiPM+钢 强子量能器	强子能量分辨率	~ 40% / \sqrt{E}	N/A	研制中 预期能实现~40%/ \sqrt{E}
超导螺线管磁铁	磁场强度 径向厚度	2-3T < 150mm	1-4T > 270mm	研制中

CEPC实验软件开发

- CEPC软件 (CEPCSW) 是基于iLCSoft发展起来, 面向CEPC探测器设计和物理分析需求的软件系统
- CEPC、FCC, CLIC和ILC等未来实验软件开发人员共同开发一套“交钥匙”软件系统 Key4hep, 通过共享降低维护和开发成本

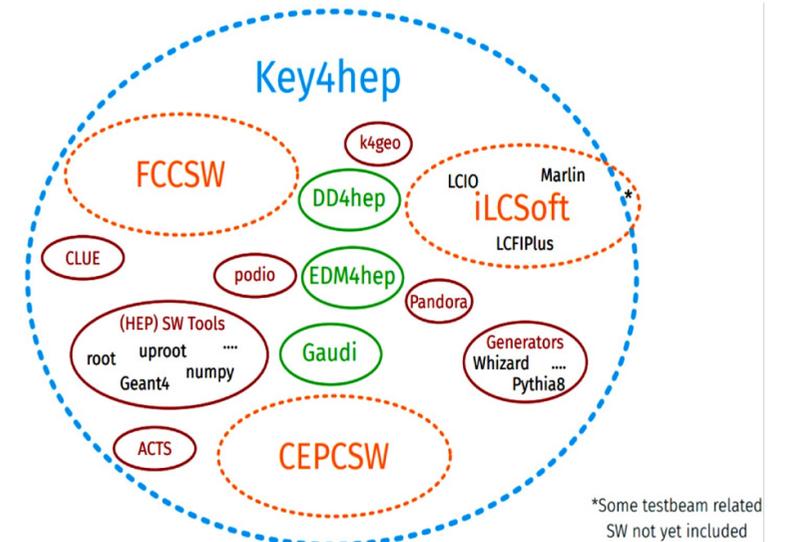


CEPCSW采用三层架构

- 应用：模拟、重建与分析
- 核心软件
- 外部库

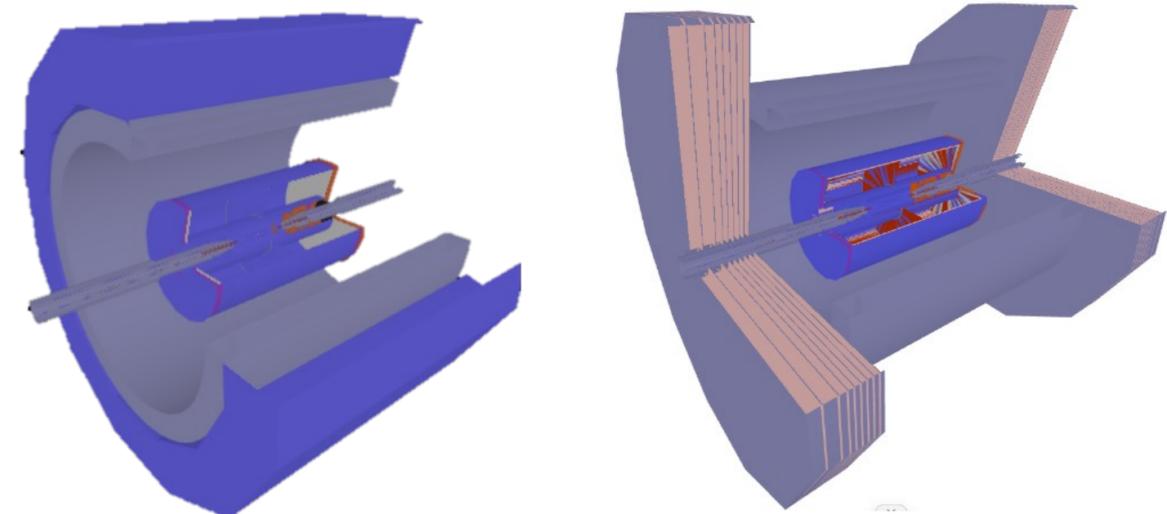
先进软件工具集

- Gaudi: 软件框架
- EDM4hep: 事例数据模型
- DD4hep: 探测器描述
- CEPC专用软件



探测器模拟

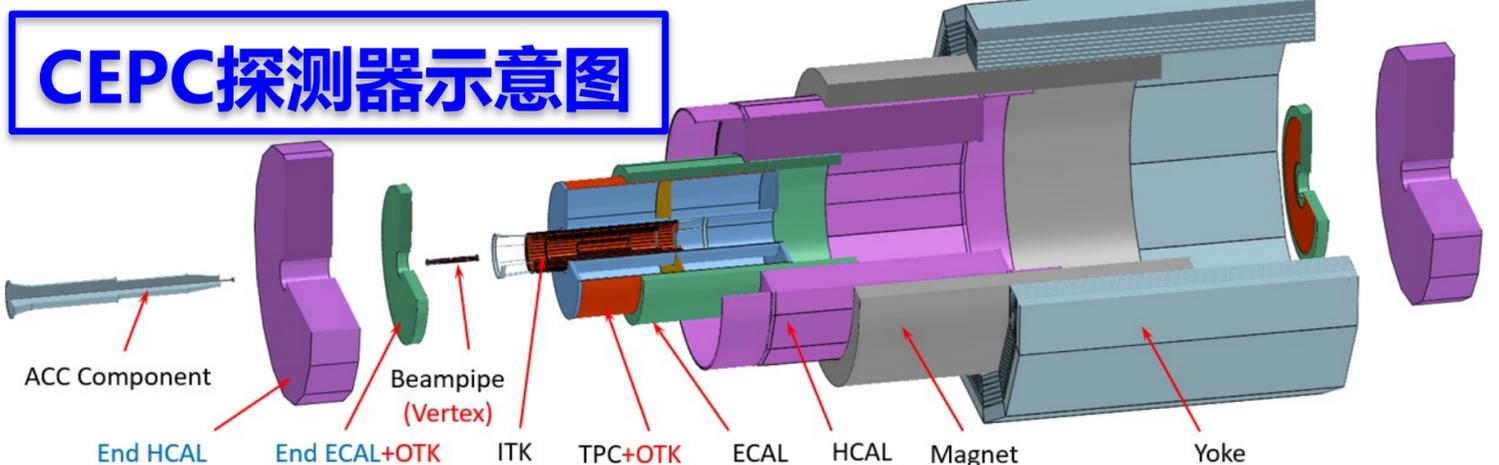
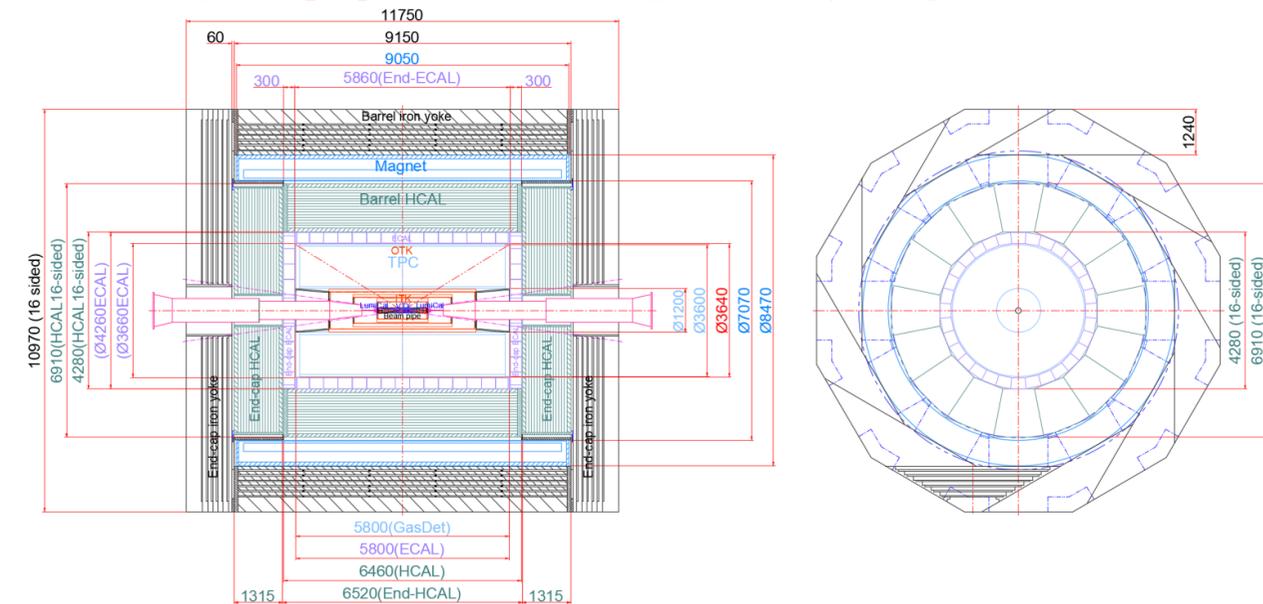
- 探测器几何与物质的精确描述
 - 探测器响应 (数字化)
- 根据探测器设计优化持续更新



CEPC探测器技术设计：Ref-TDR

Det	Technology	Det	Technology
Pixel Vertex	JadePix	Calorimeter	Crystal ECAL
	TaichuPix		Stereo Crystal ECAL
	CPV(SOI)		Scint+W ECAL
	Stitching		Si+W ECAL
	Arcadia		Scint+Fe AHCAL
Tracker & PID	CEPCPix		ScintGlass AHCAL
	Silicon Strip		RPC SDHCAL
	TPC		MPGD SDHCAL
	Drift chamber		DR Calorimeter
	PID drift chamber		Muon
	LGAD ToF	RPC	
		μ -Rwell	
Lumi	SiTrk+Crystal ECAL		HTS / LTS Magnet
	SiTrk+SiW ECAL		MDI & Integration
	CEPC SW		
	TDAQ		

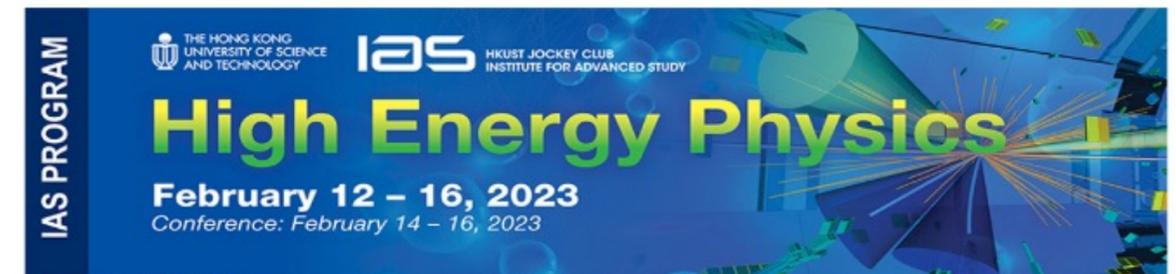
- CEPC开展系列探测器关键技术预研和样机研制，性能指标和成熟程度不同。
- 目前针对CEPC参考探测器筛选合适的技术方案，2025年6月发布Ref-TDR。



CEPC国际合作与交流

CEPC 吸引了较多的国际合作者参与

- CDR和TDR 有150余所国外大学和研究机构参与署名
- 签署了20多个 MoUs 开展国际合作研究
- 积极参与国际DRD和HL-LHC升级项目
- 2014年起，举办了一系列 CEPC 国际研讨会
- 2015年起，香港科技大学举办年度工作月和研讨会
- 2018年起，欧洲和美国举办一系列 CEPC 国际研讨



CEPC管理和研究团队

- **机构委员会:** 32 所国内顶尖大学和研究所参与
- **管理团队:** 拥有较全面和丰富的管理经验, 包括BEPCII, CSNS, HEPS; 以及BESIII, JUNO, Daya Bay等国际合作项目)
- **加速器团队:** 拥有 BEPCII, HEPS等国内加速器项目的建设经验
- **物理和探测器团队:** 拥有较丰富的研究经验及基础 (例如: BESIII, Daya Bay, JUNO, ATLAS, CMS, LHCb, ALICE 等)

- **加速器团队: ~ 117 人**
- **探测器团队: ~ 300 人**
- **其他的成员: ~ 400 人 (BEPC, BESIII, JUNO, HEPS 等在职人员)**

表 7.3: CEPC 加速器系统负责人和中级职称以上团队规模

序列号	系统名称	项目负责人	团队规模
1	加速器物理	于程辉, 张源	18 人
2	加速器磁铁	康文, 陈福三	12 人
3	低温系统	葛锐, 韩瑞雄	11 人
4	超导高频	翟纪元, 沙鹏	12 人
5	束测	随艳峰, 岳军会	7 人
6	超导磁体	徐庆金	10 人
7	电源	陈斌, 龙锋利	9 人
8	注入引出系统	陈锦晖	7 人
9	机械系统	王建力, 董岚	4 人
10	真空系统	董海义, 马永胜	5 人
11	控制系统	雷革, 李刚	6 人
12	直线系统	李京祎, 张敬如	13 人
13	辐射防护	马忠剑	3 人
总人数			117 人

表 7.4: CEPC 探测器系统以及物理和软件负责人和中级职称以上团队规模

探测器子系统	系统负责人	参与单位	团队规模
硅顶点探测器系统	欧阳群, 梁志均, 魏微, 孙向明	高能所、华中师范大学、山东大学、西北工业大学、南京大学、西班牙 IFAE 研究所, 法国斯特拉斯堡大学	~40 人
硅径迹探测器系统	王萌, 朱宏博, Harald Fox	高能所、山东大学、浙江大学、清华大学、上海交通大学、中国科学技术大学、哈尔滨工业大学、英国牛津大学、卢瑟福研究所、Lancaster 大学、爱丁堡大学、利物浦大学, Bristol 大学、伦敦 Queen Mary 大学、Warwick 大学、Sheffield 大学、德国 KIT 研究所、意大利 INFN	~60 人
气体迹探测器系统	祁辉荣, 邓智, 董明义, Franco Bedeschi	高能所、清华大学、LCTPC 国际合作组、意大利 INFN 研究所, 法国 CEA-Saclay 研究所、德国汉堡 DESY 研究所、荷兰 NIKHEF 研究所	~30 人
磁铁系统	徐庆金, 宁飞鹏	高能所	~10 人
量能器系统	刘建北, 杨海军, 刘勇	中国科学技术大学、上海交通大学、高能所, CALICE 国际合作组	~40 人
缪子探测器系统	王小龙, 李亮	复旦大学、上海交通大学、高能所	~20 人
物理	阮曼奇, 方亚泉, 王连涛, 何小刚, 陈明水	高能所、复旦大学、上海交大等	~80 人
软件	孙胜森, 李卫东, 黄性涛	高能所、山东大学、复旦大学、北京大学等	~20 人
总人数			~300 人

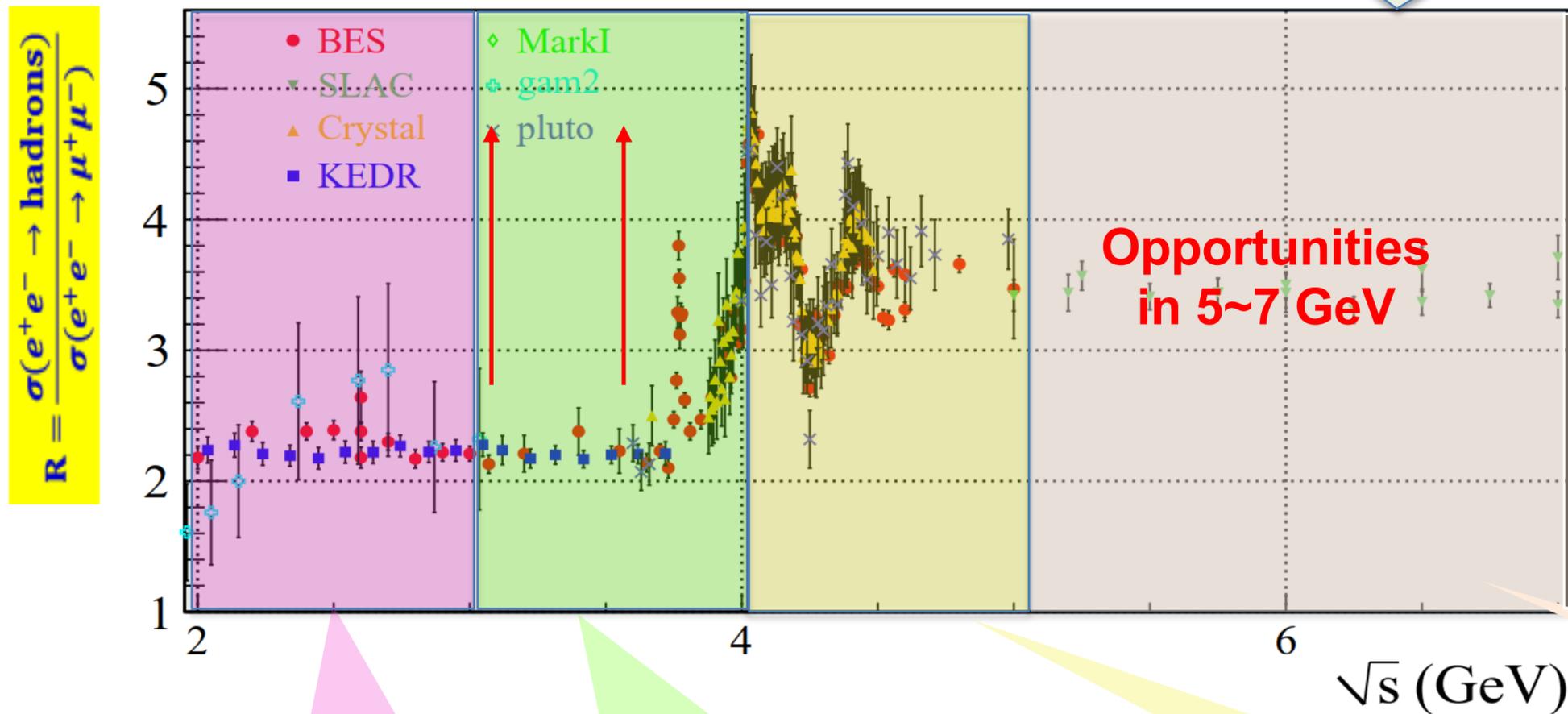
CEPC项目规划与时间表



- 2025：完成探测器技术设计报告
- 2025：提交 CEPC 项目建议书
- 批准后成立两个国际合作实验组
- 2027：完成加速器工程设计报告
- 2027年开始CEPC项目施工
- 2035年完成CEPC项目建设

STCF物理：陶粲能区独特和丰富的物理

有待进一步深入研究



- Hadron form factors
- $Y(2170)$ resonance
- Multiquark states with s quark
- R value / g-2 related

- Light hadron spectroscopy
- Gluonic and exotic states
- Processes of LFV and CPV
- Rare and forbidden decays
- Physics with τ lepton

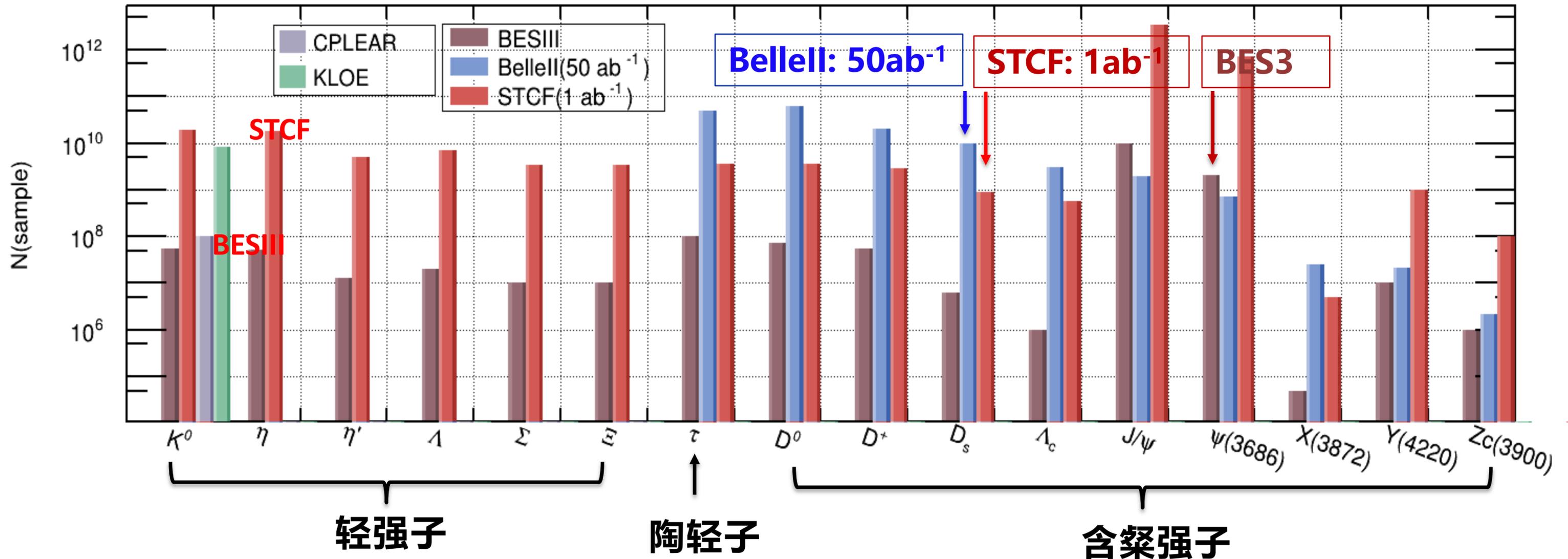
- XYZ particles
- Physics with D mesons
- f_D and f_{D_s}
- $D^0 - \bar{D}^0$ mixing
- Charm baryons

- Complete XYZ family
- Hidden-charm pentaquarks
- Search for di-charmonium states
- More charmed baryons
- Hadron fragmentation

- 微扰与非微扰 QCD 的过渡能区
- 丰富的共振结构、巨大的粲偶素态产生截面、阈值产生强子对和 τ 轻子对
- 大量奇特量子数强子、胶子球、多夸克态、夸克胶子混合态

STCF: 集多个粒子工厂于一体

STCF每年获取 $1ab^{-1}$ 数据, 是**陶粲工厂**, 同时也是**XYZ粒子**、**超子**、**轻介子工厂**

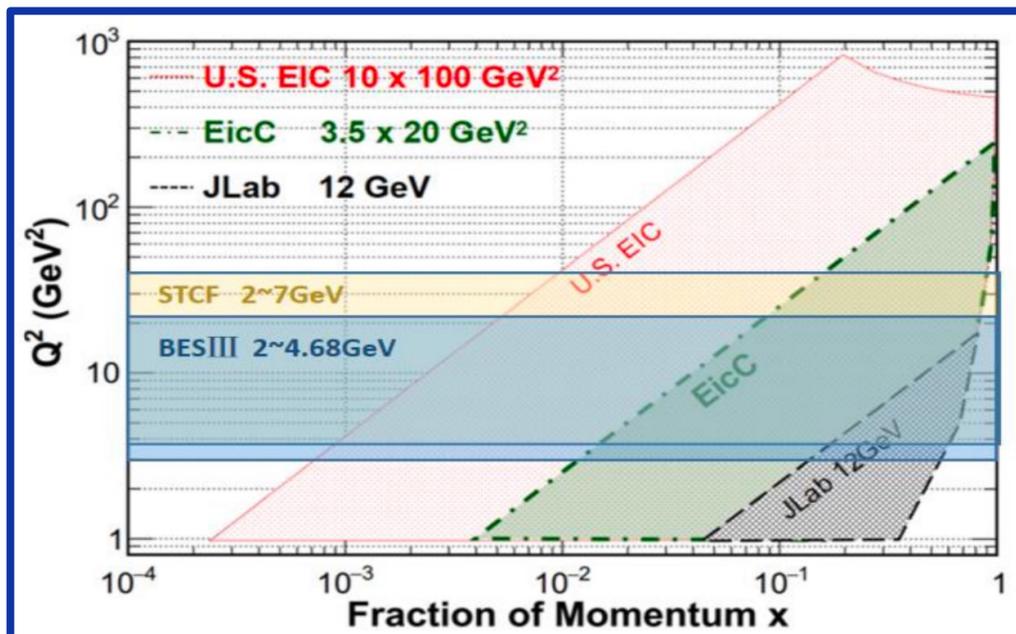


世界**独特**的超大数据样本 + **高分辨** + **低本底** → **高精度**测量 → **重大发现**

STCF将探索**夸克如何构成物质**和**基本相互作用对称性**的奥秘

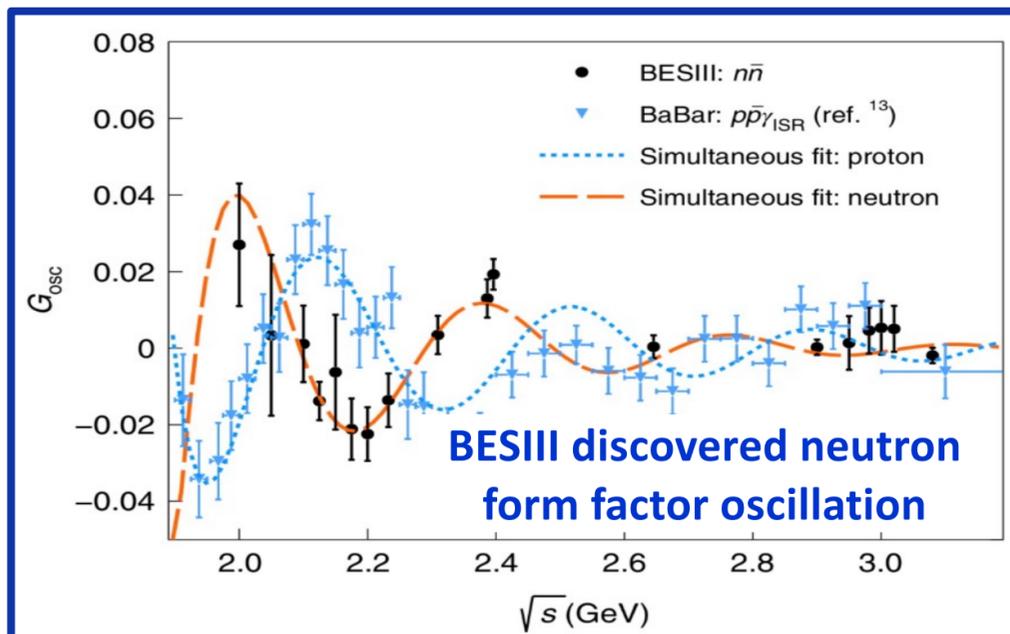
强子产生与强子结构

STCF上的强子产生是研究强相互作用的关键途径



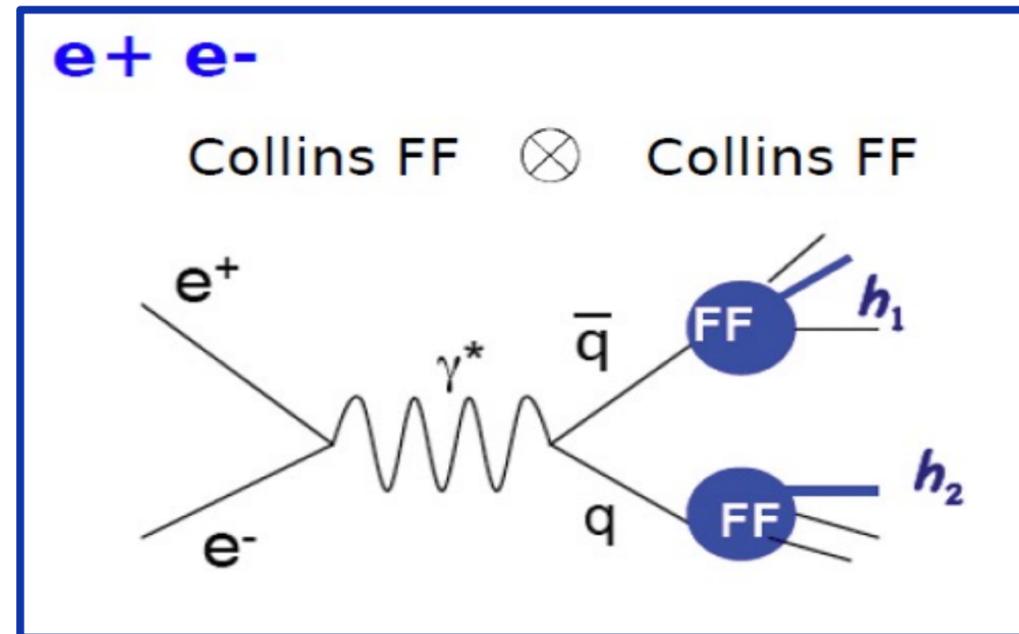
强子产生

- 了解强子产生机制和强相互作用的重要途径
- 覆盖宽能区 (0.6-7 GeV)



核子(p, n)电磁形状因子

- 反映物质深层次结构，也是最基本的观测量之一
- 高精度类时形状因子测量，与下一代 e-N 散射实验互补

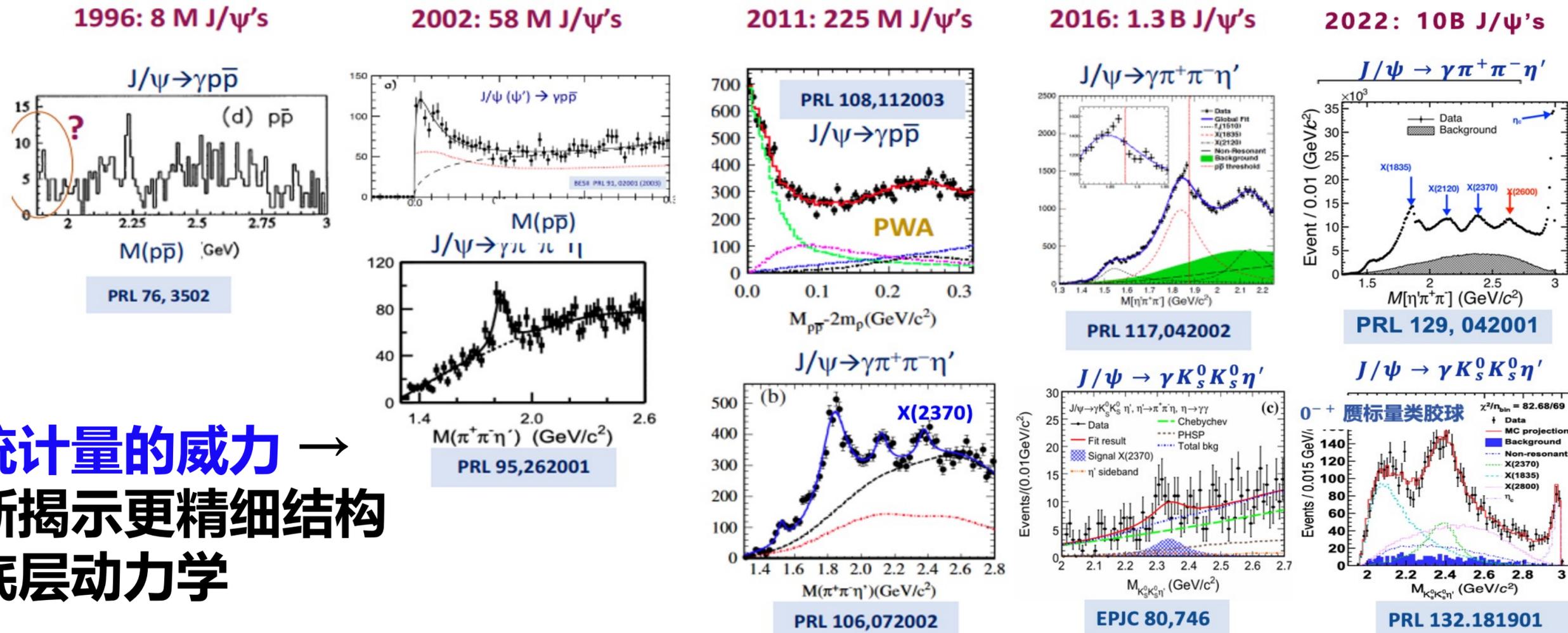


碎裂函数

- 理解强相互作用机制，强子产生和强子结构的关键
- 检验碎裂函数普适性，为 EIC、EicC等提供关键输入

强子谱学与奇特态

- 强子谱学在研究**QCD色禁闭**性质独具特色，但也极具复杂性和挑战性
- 陶粲装置在谱学研究中**课题丰富、成果丰硕**，但亟需**更高统计量的数据**
- **STCF**将发挥**不可或缺的作用**，在不少方面具有**绝对优势和重大突破潜力**：
(类)粲偶素、轻强子谱学以及奇特态寻找 ...



STCF

高统计量的威力 →
 不断揭示更精细结构
 和底层动力学

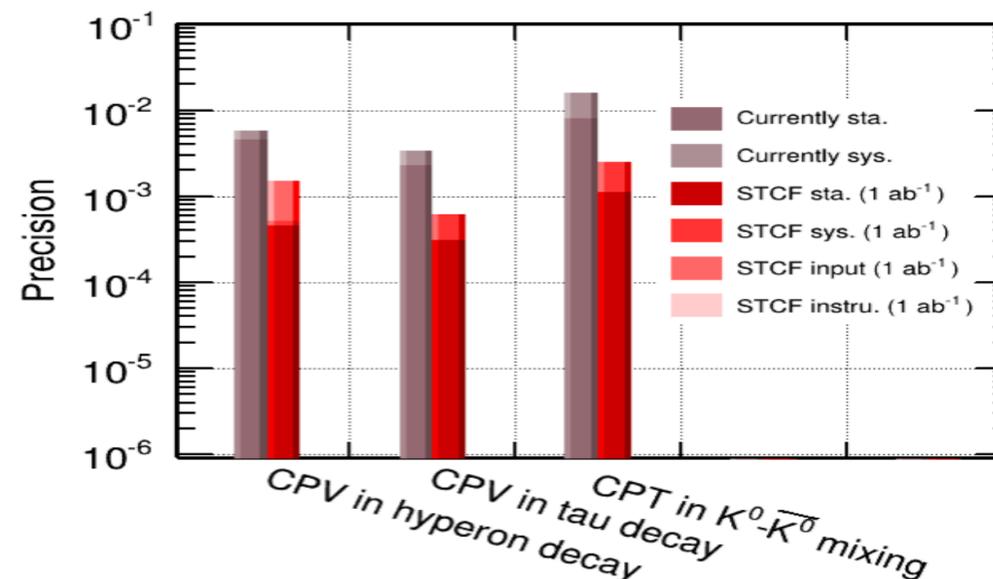
基本对称性：CP, CPT

- 宇宙中**正反物质不对称性**预示存在非标准模型预期的**新CP破坏源**，CP破坏是**重大科学问题**。
- 人类至今仅在**K、B、D介子**的衰变中观测到**CP破坏效应**，但在更相关的**重子**中仍未观测到CP破坏。
- **STCF**可以系统开展**重子CP破坏**的研究，有望在**超子、陶轻子**的**CP破坏**以及在 **K^0 中CPT破坏**等研究中取得突破。



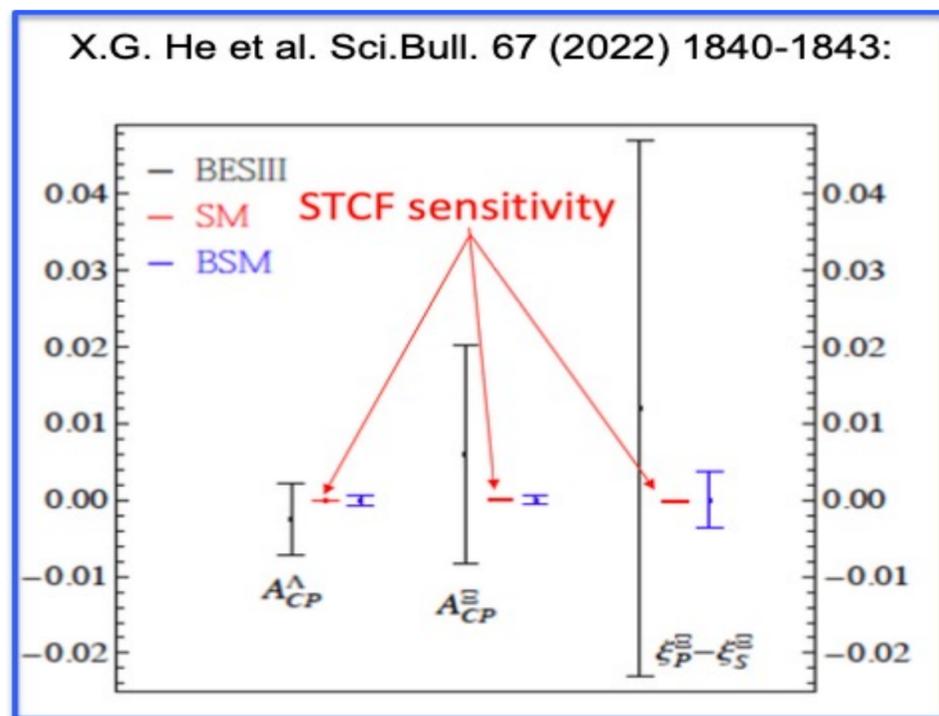
STCF的独特优势

- **大统计量、量子关联、本底干净**



STCF超子物理亮点：CPV & EDM

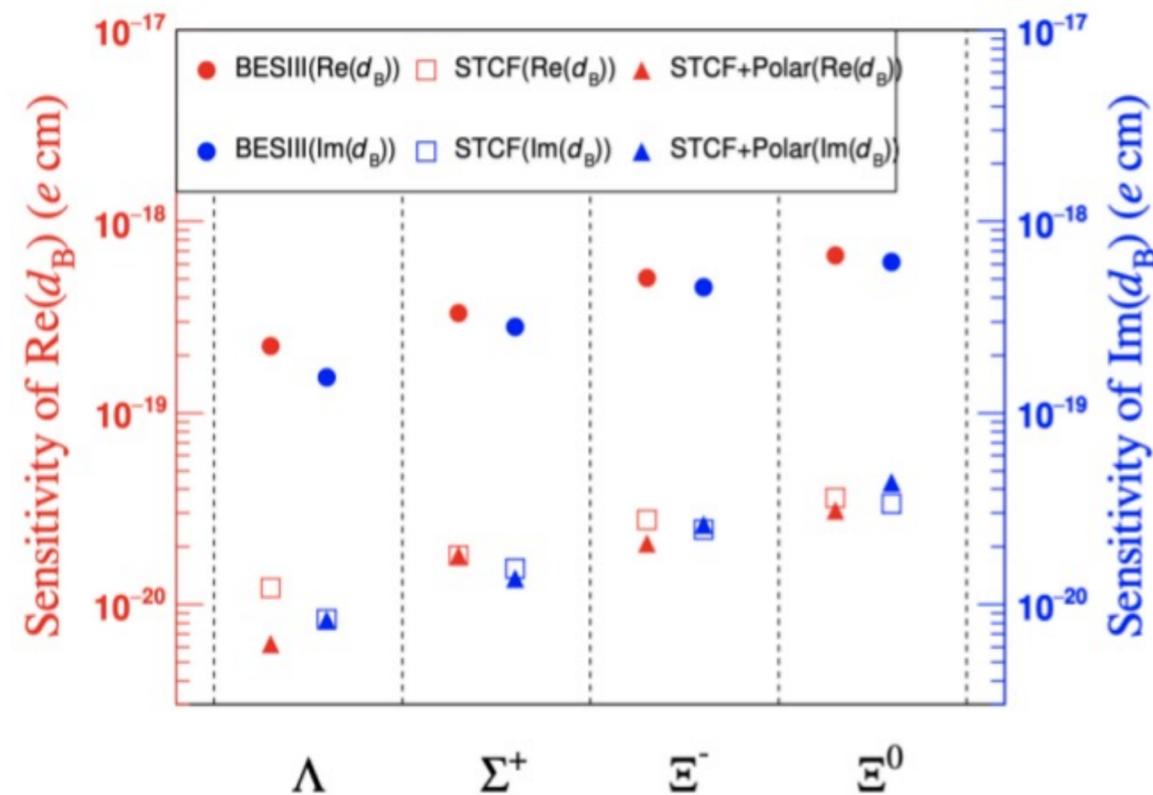
- 产生大量**各类超子-反超子对**，发挥量子关联的特点，构造多个CP破坏观测量，高灵敏度地探测CPV，灵敏度可达 $\sim 10^{-4}$
- 通过对 J/ψ 衰变到超子对的精确衰变动力学分析，可以系统性测量超子家族的EDM，灵敏度可达 $\sim 10^{-21} e^*cm$



$$\sigma_{ACP} \approx \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{1}{\alpha_1 \sqrt{N_{sig}} \sqrt{\langle P_B^2 \rangle}}$$

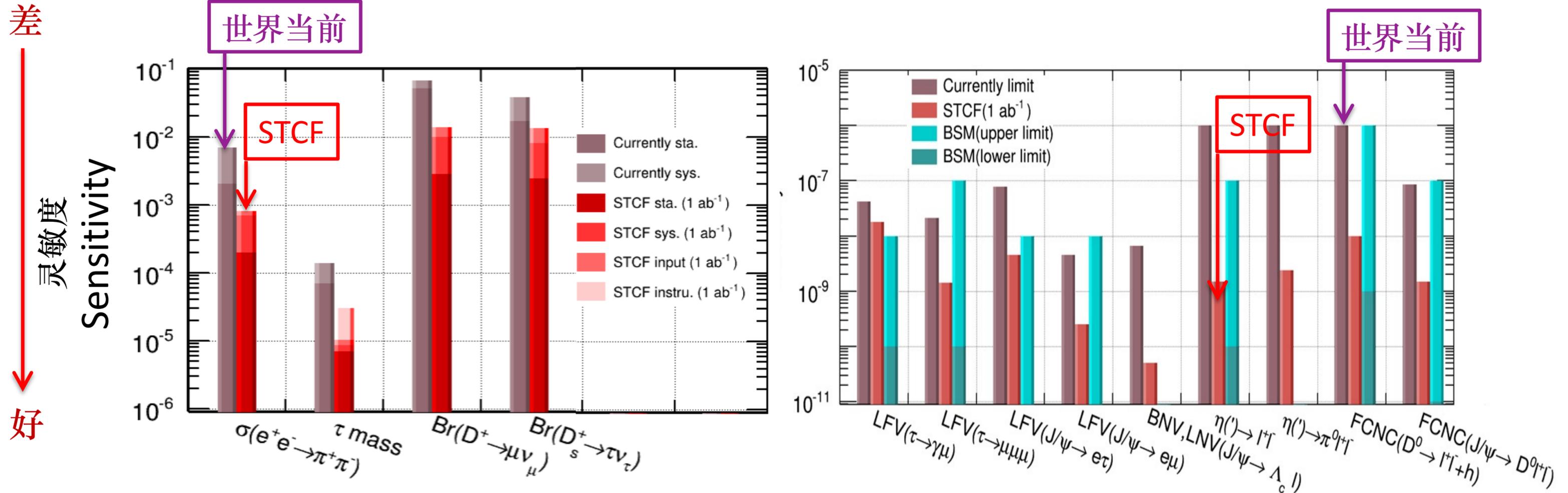
$$\xrightarrow{1 \times 10^9 \Lambda \bar{\Lambda}, \langle P_B^2 \rangle = 0.1} \sigma_{ACP} \sim 1.4 \times 10^{-4}$$

$$\xrightarrow{1 \times 10^9 \Lambda \bar{\Lambda}, \langle P_B^2 \rangle = 0.8} \sigma_{ACP} \sim 5 \times 10^{-5}$$



(a) Sensitivity of $Re(d_B)$ and $Im(d_B)$

STCF重要物理量测量与稀有衰变寻找

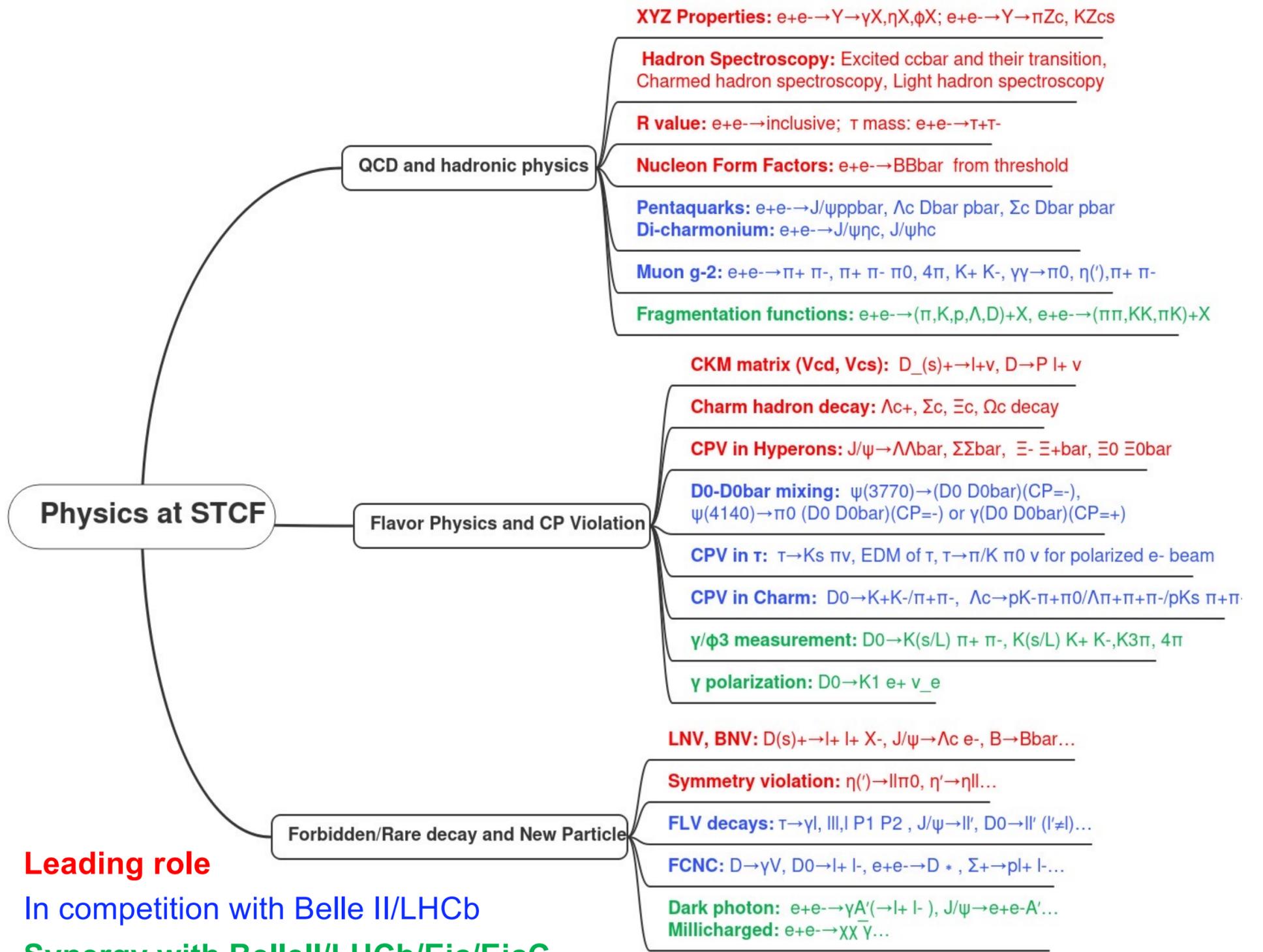


- 重要物理量的测量精度提升至少1个量级
- 稀有或禁戒过程的探测灵敏度提升2个量级，**→ 发现新物理的重大机遇!**
部分已相当或超出标准模型理论预期

STCF丰富的物理课题



M. Achasov, et al., STCF conceptual design report (Volume 1): Physics & detector, Front. Phys. 19(1), 14701 (2024)



- **Leading role**
- In competition with Belle II/LHCb
- **Synergy with BelleII/LHCb/Eic/EicC**

STCF物理研究现状

- 成立专题研究组，开展STCF物理专题研究：CP专题、极化物理专题、CPT专题 ...
- 组织进行大量STCF物理课题研究，已发表数十篇学术论文，SNOWMASS文档 ...

CP violation studies at Super tau-charm facility

Haiyang Cheng^a, Zhihui Guo^b, Xiaogang He^c, Yingrui Hou^d, Xianwei Kang^e, Andrzej Kupsc^{f,g}, Ying-Ying Li^h, Liang Liu^h, Xiaorui Lyu^d, Jianping Maⁱ, Stephen Lars Olsen^{j,k}, Haiping Peng^h, Qin Qin^l, Pablo Roig^m, Zhizhong Xingⁿ, Fusheng Yu^o, Yu Zhang^p, Jianyu Zhang^d, Xiaorong Zhou^h

^aInstitute of Physics, Academia Sinica, Taipei, 11529, China

^bHebei Normal University, Shijiazhuang, 050024, China

^cShanghai Jiao Tong University, Shanghai, 200250, China

^dUniversity of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China

^eBeijing Normal University, Beijing, 100875, China

^fNational Centre for Nuclear Research, Warsaw, 02-093, Poland

^gUppsala University, Uppsala, SE-75120, Sweden

^hUniversity of Science and Technology of China, Address One, 230026, China

ⁱInstitute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100190, China

^jHigh Energy Physics Center, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea

^kParticle and Nuclear Physics Institute, Institute for Basic Science, Daejeon, 34126, Korea

^lHuazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074, China

^mDepartamento de Fisica, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politecnico Nacional, Mexico City, AP 14740, CP 07000, Mexico

ⁿInstitute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China

^oLanzhou University, Lanzhou, 730000, China

^pUniversity of South China, Hengyang, 421001, China

Abstract

Charge-parity (CP) violation in tau-charm energy region is one of the promising areas to search for. The future tau-charm facility of next generation is designed to operate in a center-of-mass energy from 2.0 to 7.0 GeV with a peak luminosity of $0.5 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Huge amount of hadrons or τ leptons will be collected with well kinematic constraint and low-background environment. In this report, possibilities of CP violation studies in tau-charm energy region and at the future tau-charm facility are discussed from various aspects, i.e. in the production and decay of hyperons and τ lepton; in the decay of charmed hadrons. We also study the combined symmetry of CP and time reversal T, CPT invariance test in $K^0 - \bar{K}^0$ mixing.

研究内容	课题一	课题二	课题三	课题四	课题五	课题六
XYZ强子谱 理论 FastSimu OSCAR	Y(4260) parameters 郭奉坤、赵强、王倩	Zc(3900) parameters 陈云华、杜孟林、郭奉坤、郭志辉	X(3872) decay fractions 郭奉坤、	1- hybrid production	X(3872) in e+e- production 郭奉坤、	Highly excited Y states (Baryon-antibaryon) 何军、董相坤
多夸克态 理论 FastSimu OSCAR	双粲偶素eta J/psi, J/psi J/psi 张玉洁、邵华圣、张鸿飞 待开展(康晓坤, 辽大), 中山大学 (董焯娟, 张晋, 耿聪)	五夸克态ppbar J/psi 吴佳俊、郭奉坤	Lambdac D(*) pbar 吴佳俊、何军	Sigmac D(*) pbar 吴佳俊、何军	奇特量子数隐粲介子 董相坤、纪腾、郭奉坤	
强子结构 理论 FastSimu OSCAR	7 GeV的Collins碎裂函数 已发表JUCAS (王滨龙, 国科大) 待开展(山大, pythia, LundArlw)	极化下的碎裂函数 邢宏喜、刘天博、李阳 前期调研 (郗文标, 中科大)	核子电磁形状因子 郭奉坤、林勇辉、周海青			
tau物理 理论 FastSimu OSCAR	tau->Ks pi nu 康现伟 已发表CPC (桑昊榆, 中科大)	tau EDM 郭志辉、李英英 开展中 (孙旭磊, 中科大) 开展中 (莫泓现, 中科大)	tau-> gam pi nu 郭志辉, Pablo Roig 开展中 (艾小聪, 郑大)	tau -> gam K nu 郭志辉, Pablo Roig	tau -> gam P nu 郭志辉, Pablo Roig	Quantum entanglement 前期调研 (刘明依, 中科大)
粲物理 理论 FastSimu OSCAR	PV and CPV in Lambdac Ikaros Bigi, 康现伟 已完成PRD (师晓东, 中科大)	D -> KL e nu 王伟 已完成EPJC (范玉兰, 武大)	Ds->mu nu 已完成EPJC (刘佳俊, 南华) OSCAR	Ds->tau nu 已完成EPJC (李惠静, 河师大)	D+>pi mu nu 开展中 (黄清源, 国科大)	D0-D0bar mixing and strong phase 郑海扬、于福升 开展中 (王英豪, 张宇, 兰大南华)
奇异强子物理 理论 FastSimu OSCAR	Lambda CPV Andrzej Kupsc, 何小刚 已完成MPLA (徐月, 辽大) 系统误差 (徐明, 中科大) 待开展 (翟云聪, 山大)	极化下的Lambda CPV Andrzej Kupsc, 何小刚 已完成CPC (曾胜, 南华) 待开展 (山大)	K0-K0bar mixing Stephen Olsen 已提交PRD (张剑宇, 国科大) 开展中 (张慧斌, 国科大)	K0-K0' oscillation	Ks->pi e nu Stephen Olsen	Lambda半轻衰变 Andrzej, Varavara 开展中 (周俊贤, 复旦)
电弱能标 理论 FastSimu OSCAR	Weinberg角测量 李阳 待开展(郗文标, 赵宇翔, 近物所)					
新物理 理论 FastSimu OSCAR	tau-> gam mu 已完成EPJC(相腾, 北大)	eta/eta' symmetry 郭志辉、Bastian Kubis 已完成PRD(康晓琳、向本后, 地质大学/高能所) generator update ongoing	D->pe 开展中 (黄仪伟, 南开) 开展中 (黄仪伟, 南开)	J/psi->Lambdac e 开展中 (徐宇遥, 南开) 开展中 (徐宇遥, 南开)	Lam-Lambar oscillation 开展中 (薛又文, 南开) 开展中 (薛又文)	Hyperon EDM 于福升 开展中 (傅金林、张剑宇, 国科大)

STCF概念设计研究

STCF物理与探测器概念设计报告

Frontiers of
Physics

ISSN 2095-0462
Volume 19 · Number 1
February 2024
物理学前沿

FRONTIERS OF PHYSICS

REPORT
Volume 19 / Issue 1 / 14701 / 2024

STCF conceptual design report (Volume 1): Physics & detector

M. Achasov³, X. C. Ai⁸², R. Aliberti³⁸, Q. An^{63,72}, X. Z. Bai^{63,72}, Y. Bai⁶², O. Bakina³⁹, A. Barnyakov^{3,50}, V. Blinov^{3,50,51}, V. Bobrovnikov^{3,51}, D. Bodrov^{23,60}, A. Bogomyagkov³, A. Bondar³, I. Boyko³⁹, Z. H. Bu⁷³, F. M. Cai²⁰, H. Cai⁷⁷, J. J. Cao²⁰, Q. H. Cao⁵⁴, X. Cao³³, Z. Cao^{63,72}, Q. Chang²⁰, K. T. Chao⁵⁴, D. Y. Chen⁶², H. Chen⁸¹, H. X. Chen⁶², J. F. Chen⁵⁸, K. Chen⁶, L. L. Chen²⁰, P. Chen⁷⁸, S. L. Chen⁶, S. M. Chen⁶⁶, S. Chen⁶⁹, S. P. Chen⁶⁹, W. Chen⁶⁴, X. Chen⁷⁴, X. F. Chen⁵⁸, X. R. Chen³³, Y. Chen³², Y. Q. Chen³⁶, H. Y. Cheng³⁴, J. Cheng⁴⁸, S. Cheng²⁸, T. G. Cheng², J. P. Dai⁸⁰, L. Y. Dai²⁸, X. C. Dai⁵⁴, D. Dedovich³⁹, A. Denig^{19,38}, I. Denisenko³⁹, J. M. Dias⁴, D. Z. Ding⁵⁸, L. Y. Dong³², W. H. Dong^{63,72}, V. Druzhinin³, D. S. Du^{63,72}, Y. J. Du⁷⁷, Z. G. Du⁴¹, L. M. Duan³³, D. Epifanov³, Y. L. Fan⁷⁷, S. S. Fang³², Z. J. Fang^{63,72}, G. Fedotov³, C. Q. Feng^{63,72}, X. Feng⁵⁴, Y. T. Feng^{63,72}, J. L. Fu⁶⁹, J. Gao⁵⁹, P. S. Ge⁷³, C. Q. Geng¹⁵, L. S. Geng², A. Gilman⁷¹, L. Gong⁴³, T. Gong²¹, B. Gou³³, W. Gradl³⁸, J. L. Gu^{63,72}, A. Guevara⁴, L. C. Gui²⁶, A. Q. Guo³³, F. K. Guo^{4,69,3}, J. C. Guo^{63,72}, J. Guo⁵⁹, Y. P. Guo¹¹, Z. H. Guo¹⁶, A. Guskov³⁹, K. L. Han⁶⁹, L. Han^{63,72}, M. Han^{63,72}, X. Q. Hao²⁰, J. B. He⁶⁹, S. Q. He^{63,72}, X. G. He⁵⁹, Y. L. He²⁰, Z. B. He³³, Z. X. Heng²⁰, B. L. Hou^{63,72}, T. J. Hou⁷⁴, Y. R. Hou⁶⁹, C. Y. Hu⁷⁴, H. M. Hu³², K. Hu⁵⁷, R. J. Hu³³, X. H. Hu⁹, Y. C. Hu⁴⁹, J. Hua⁶¹, G. S. Huang^{63,72}, J. S. Huang⁴⁷, M. Huang⁶⁹, Q. Y. Huang⁶⁹, W. Q. Huang⁶⁹, X. T. Huang⁵⁷, X. J. Huang³³, Y. B. Huang¹⁴, Y. S. Huang⁶⁴, N. Hüskens³⁸, V. Ivanov³, Q. P. Ji²⁰, J. J. Jia⁷⁷, S. Jia⁶², Z. K. Jia^{63,72}, H. B. Jiang⁷⁷, J. Jiang⁵⁷, S. Z. Jiang¹⁴, J. B. Jiao⁵⁷, Z. Jiao²⁴, H. J. Jing⁶⁹, X. L. Kang⁵, X. S. Kang⁴³, B. C. Ke⁸², M. Kenzie⁵, A. Khokkaz⁷⁶, I. Koop^{3,50,51}, E. Kravchenko^{3,51}, A. Kuzmin³, Y. Lei⁶⁰, E. Levichev³, C. H. Li⁴², C. Li⁵⁵, D. Y. Li³⁵, F. Li^{63,72}, G. Li⁵⁵, G. Li¹⁵, H. B. Li^{32,69}, H. Li^{63,72}, H. N. Li⁶¹, H. J. Li²⁰, H. L. Li²⁷, J. M. Li^{63,72}, J. Li³², L. Li⁵⁶, L. Li⁵⁹, L. Y. Li^{63,72}, N. Li⁶⁴, P. R. Li⁴¹, R. H. Li³⁰, S. Li⁵⁰, T. Li⁵⁷, W. J. Li³⁰, X. Li³³, X. H. Li⁷⁴, X. Q. Li⁶, X. H. Li^{63,72}, Y. Li⁷⁹, Y. Y. Li⁷², Z. J. Li³³, H. Liang^{63,72}, J. H. Liang⁶¹, Y. T. Liang³³, G. R. Liao¹³, L. Z. Liao²⁵, Y. Liao⁶¹, C. X. Lin⁶⁹, D. X. Lin³³, X. S. Lin^{63,72}, B. J. Liu³², C. W. Liu¹⁵, D. Liu^{63,72}, F. Liu⁶, G. M. Liu⁶¹, H. B. Liu¹⁴, J. Liu⁵⁴, J. J. Liu⁷⁴, J. B. Liu^{63,72}, K. Liu⁴¹, K. Y. Liu⁴³, K. Liu⁵⁹, L. Liu^{63,72}, Q. Liu⁶⁹, S. B. Liu^{63,72}, T. Liu¹¹, X. Liu⁴¹, Y. W. Liu^{63,72}, Y. Liu⁸², Y. L. Liu^{63,72}, Z. Q. Liu⁵⁷, Z. Y. Liu⁴¹, Z. W. Liu⁴⁵, I. Logashenko³, Y. Long^{63,72}, C. G. Lu³³, J. X. Lu³, N. Lu^{63,72}, Q. F. Lü²⁶, Y. Lu⁷, Y. Lu⁶⁹, Z. Lu⁶², P. Lukin³, F. J. Luo⁷⁴, T. Luo¹¹, X. F. Luo⁶, H. J. Lyu²⁴, X. R. Lyu⁶⁹, J. P. Ma³⁵, P. Ma³³, Y. Ma¹⁵, Y. M. Ma³³, F. Maas^{19,38}, S. Malde⁷¹, D. Matvienko³, Z. X. Meng⁷⁰, R. Mitchell²⁹, A. Nefediev⁴⁰, Y. Nefedov³⁹, S. L. Olsen^{22,53}, Q. Ouyang^{32,63}, P. Pakhlov²³, G. Pakhlova^{23,52}, X. Pan⁶⁰, Y. Pan⁶², E. Passemar^{29,65,67}, Y. P. Pei^{63,72}, H. P. Peng^{63,72}, L. Peng²⁷, X. Y. Peng⁸, X. J. Peng⁴¹, K. Peters¹², S. Pivovarov³, E. Pyata³, B. B. Qi^{63,72}, Y. Q. Qi^{63,72}, W. B. Qian⁶⁹, Y. Qian³³, C. F. Qiao⁶⁹, J. J. Qin⁷⁴, J. J. Qin^{63,72}, L. Q. Qin¹³, X. S. Qin⁵⁷, T. L. Qiu³³, J. Rademacker⁶⁸, C. F. Redmer³⁸, H. Y. Sang^{63,72}, M. Saur⁵⁴, W. Shan²⁶, X. Y. Shan^{63,72}, L. L. Shang²⁰, M. Shao^{63,72}, L. Shekhtman³, C. P. Shen¹¹, J. M. Shen²⁸, Z. T. Shen^{63,72}, H. C. Shi^{63,72}, X. D. Shi^{63,72}, B. Shwartz³, A. Sokolov³, J. J. Song²⁰, W. M. Song³⁶, Y. Song^{63,72}, Y. X. Song¹⁰, A. Sukharev^{3,51}, J. F. Sun²⁰, L. Sun⁷⁷, X. M. Sun⁶, Y. J. Sun^{63,72}, Z. P. Sun³³, J. Tang⁶⁴, S. S. Tang^{63,72}, Z. B. Tang^{63,72}, C. H. Tian^{63,72}, J. S. Tian⁷⁸, Y. Tian³³, Y. Tikhonov³, K. Todyshev^{3,51}, T. Uglov⁵², V. Vorobyev³, B. D. Wan¹⁵, B. L. Wang⁶⁹, B. Wang^{63,72}, D. Y. Wang⁵⁴, G. Y. Wang²¹, G. L. Wang¹⁷, H. L. Wang⁶¹, J. Wang⁴⁹, J. H. Wang^{63,72}, J. C. Wang^{63,72}, M. L. Wang³², R. Wang^{63,72}, R. Wang³³, S. B. Wang⁵⁹, W. Wang⁵⁹, W. P. Wang^{63,72}, X. C. Wang²⁰, X. D. Wang⁷⁴, X. L. Wang^{63,72}, X. L. Wang²⁰, X. P. Wang², X. F. Wang¹¹,

STCF加速器初步概念设计报告

目录

- 第一章 引言 4
- 1.1 对撞机前沿与超级陶质装置 STCF 4
- 1.2 重要的加速器物理问题与关键技术 6
- 1.2.1 加速器物理问题 6
- 1.2.2 关键技术 7
- 1.3 总体布局、亮度和束流参数 7
- 参考文献 8
- 第二章 注入器 11
- 2.1 整体架构 11
- 2.2 直线加速器和电子源 11
- 2.3 正电子源和阻尼环 15
- 2.4 注入系统 19
- 参考文献 19
- 第三章 主环物理设计 20
- 3.1 主环 lattice 设计的讨论 20
- 3.1.1 发射度和对撞点的 twiss 参数 20
- 3.1.2 工作点 20
- 3.1.3 Crab waist 21
- 3.2 对撞区和弧区设计 22
- 3.2.1 对撞区的 lattice 设计 22
- 3.2.2 弧区的 lattice 设计 28
- 3.2.3 短弧区、匹配段和预置直线节 30
- 3.2.4 非线性问题的讨论 32
- 3.3 公差和闭轨校正 32
- 3.4 束-束模拟 33
- 3.5 集体效应和束流寿命 34
- 3.5.1 不稳定性阈值的计算 34
- 3.5.2 阻抗优化 35
- 3.6 加速器-探测器界面 35
- 参考文献 35
- 第四章 束流测量和反馈 37
- 4.1 束流诊断系统 37
- 4.1.1 束流位置、闭轨测量和基于束流准直 38
- 4.1.2 流强、寿命和填充模式测量 39
- 4.1.3 工作点测量 41
- 4.1.4 束斑和发射度测量 42
- 4.1.5 束团长度测量 43
- 4.1.6 高精度束流能量测量技术 43
- 4.1.7 高精度束流极化度测量技术 44
- 4.1.8 束流损失测量系统 (BLM) 44
- 4.2 束流与对撞稳定性技术 45
- 4.2.1 逆束团束流反馈系统 45

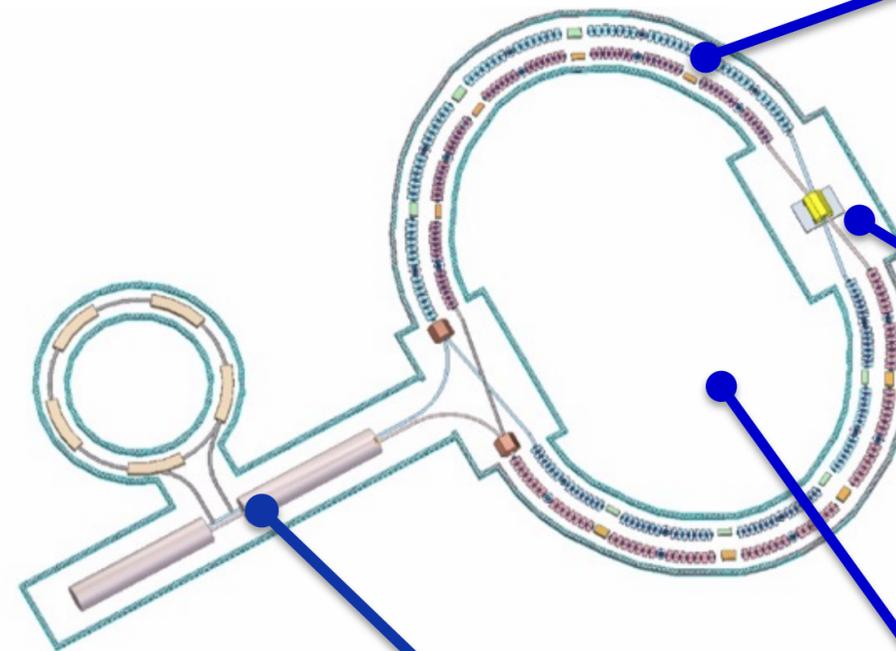
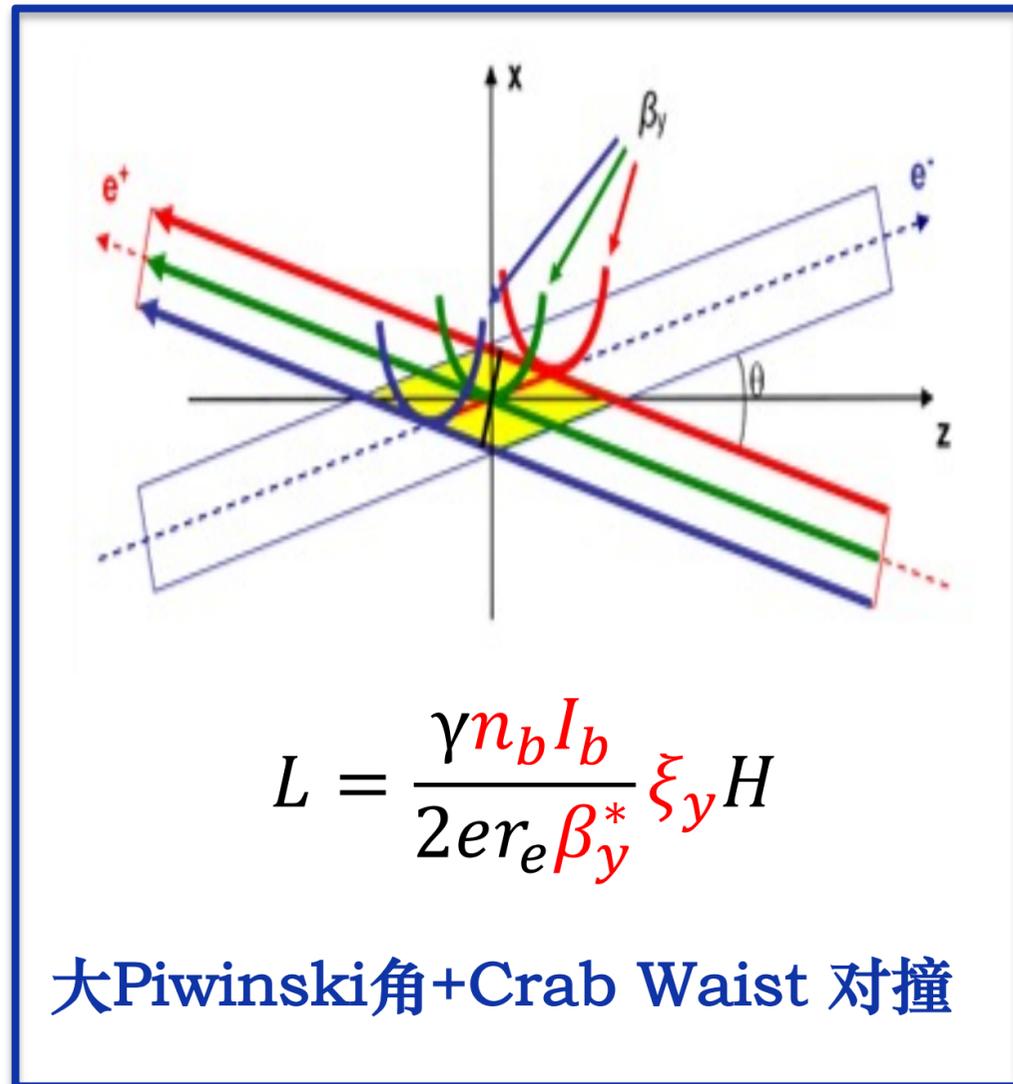
82 institutions, 453 authors

arXiv:2303.15790

STCF项目的重要里程碑

STCF加速器：物理设计与技术挑战

- **目标**：高品质的正负电子束对撞，实现**超高亮度**，保障机器**长期稳定运行**
- **挑战**：**极小束团尺寸、高流强、低发射度**而产生的**强非线性和集体效应**；**对撞区技术**



对撞环和对撞区物理设计

对撞点束团尺寸极度压缩，Crab-Waist，非线性补偿，束流稳定运行与精确控制

对撞区技术

超导组合磁铁与谱仪的交接面 (MDI)

小动力学孔径注入

高流强、低发射度高品质正负电子源

加速器关键技术

环高频腔，束流测控，束流注入

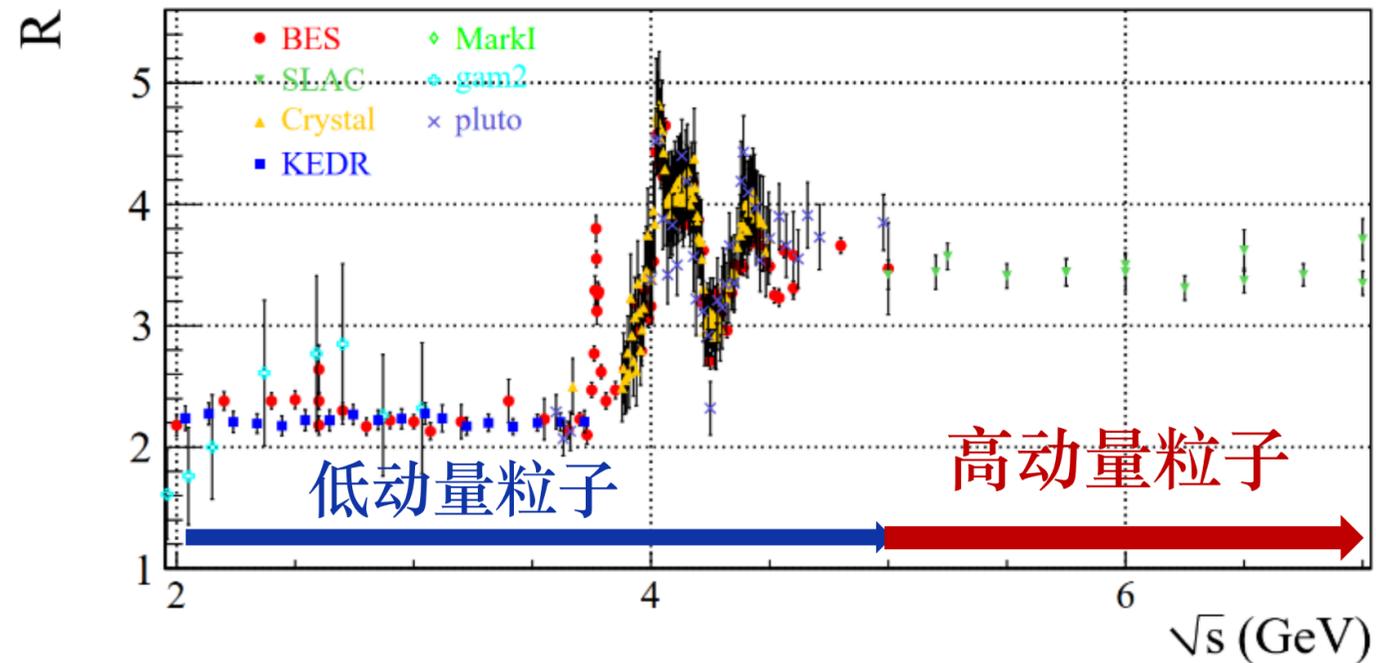
STCF加速器：核心技术与参数指标

各项核心技术要求均达到或超过世界先进水平!

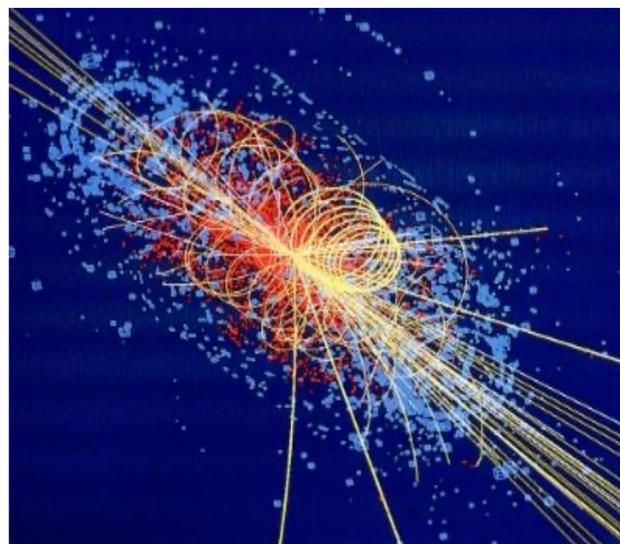
核心技术	STCF设计指标或要求	国内外现状
对撞环物理设计	大交叉角+Crab Waist对撞 大流强/低发射度: 2A / 5 nm·rad 超高亮度 > 5×10^{34} , 束流寿命很短 < 300 s	国内: BEPCII: 小交叉角; 0.9 A / 150 nm·rad; 亮度 10^{33} ; 寿命2小时 国际: SuperKEKB: 设计(2.6A/3.6A)目前(1.1A/1.4A), 设计亮度 6×10^{35} 目前 5×10^{34} ; 寿命 > 600 s
对撞区磁铁技术	对撞区双孔径超导四极铁 磁场梯度高 > 50 T/m	国内: BEPCII单孔径超导磁铁, 25 T/m 国际: SuperKEKB和BINP都研制了对撞区双孔径超导四极铁
环高频系统	耦合器功率 > 300 kW 高次模深度抑制常温腔	国内: 耦合器功率 ~ 150 kW, 无HOM抑制常温腔 国际: SuperKEKB耦合器功率 > 500 kW
超快脉冲冲击磁铁	上升/下降时间 < 2 ns	国内: HEPS: ~ 6 ns 国际: KEK-ATF: 2~3 ns
对撞环束流精确测量和反馈控制	逐束团横向位置分辨率好于 5 μm ; 纵向相位分辨率好于 0.2 ps; 快速反馈阻尼时间 0.1 ms、纵向阻尼时间 0.5 ms	国内: BEPCII: 位置分辨率好于 5 μm ; 反馈 0.7 ms 国际: SuperKEKB: 逐圈横向位置分辨 50-100 μm , 逐圈纵向相位分辨 0.033 ps
正电子源	1.5 GeV 电子束能量驱动条件下, 单束团电荷量 1.5 nC	国内: BEPCII 采用 150 MeV, 仅满足上一代装置要求; CEPC 采用 4 GeV 国际: SuperKEKB 采用 3.3 GeV (目标 4 nC, 当前 1.5 nC)

STCF探测谱仪：物理设计和技术挑战

宽能量范围 $E_{cm} : 2 - 7 \text{ GeV}$



高峰值亮度 $> 0.5 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



高物理事例率 $\sim 400 \text{ kHz}$
高计数率水平 $\sim 1 \text{ MHz/cm}^2$
高数据率 $\sim 300 \text{ GB/s}$
高辐照本底
 $\sim 4 \text{ kGy/y}, \sim 2 \times 10^{11} \text{ n}_{eq}/\text{cm}^2/\text{y}$

强辐照、高本底、高事例率、
宽动量范围精确测量和鉴别各种粒子

探测器

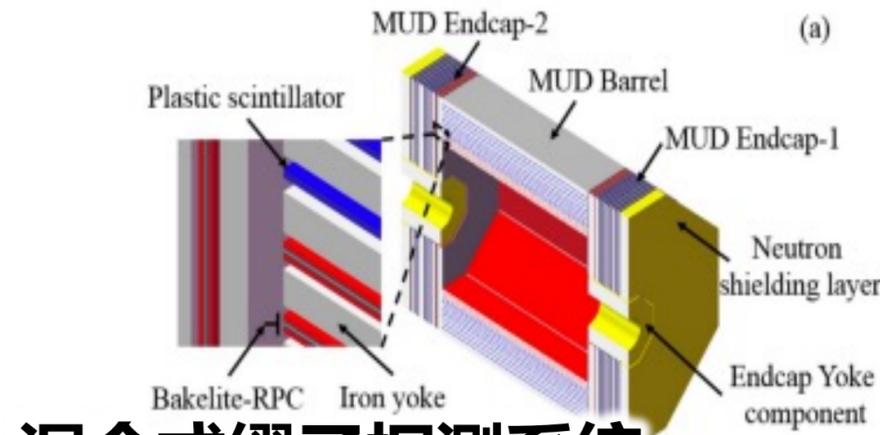
- 低质量、高计数率的径迹探测器
- 紧凑型、低质量的粒子鉴别探测器
- 快速发光和定时的闪烁晶体探测器
- 高计数率、大面积位敏探测器

电子学

- 超快微弱核脉冲信号的准确提取与处理
- 高精度时钟分发与同步
- 高效实时触发，高速数据传输与获取
- 高密度物理事例分辨

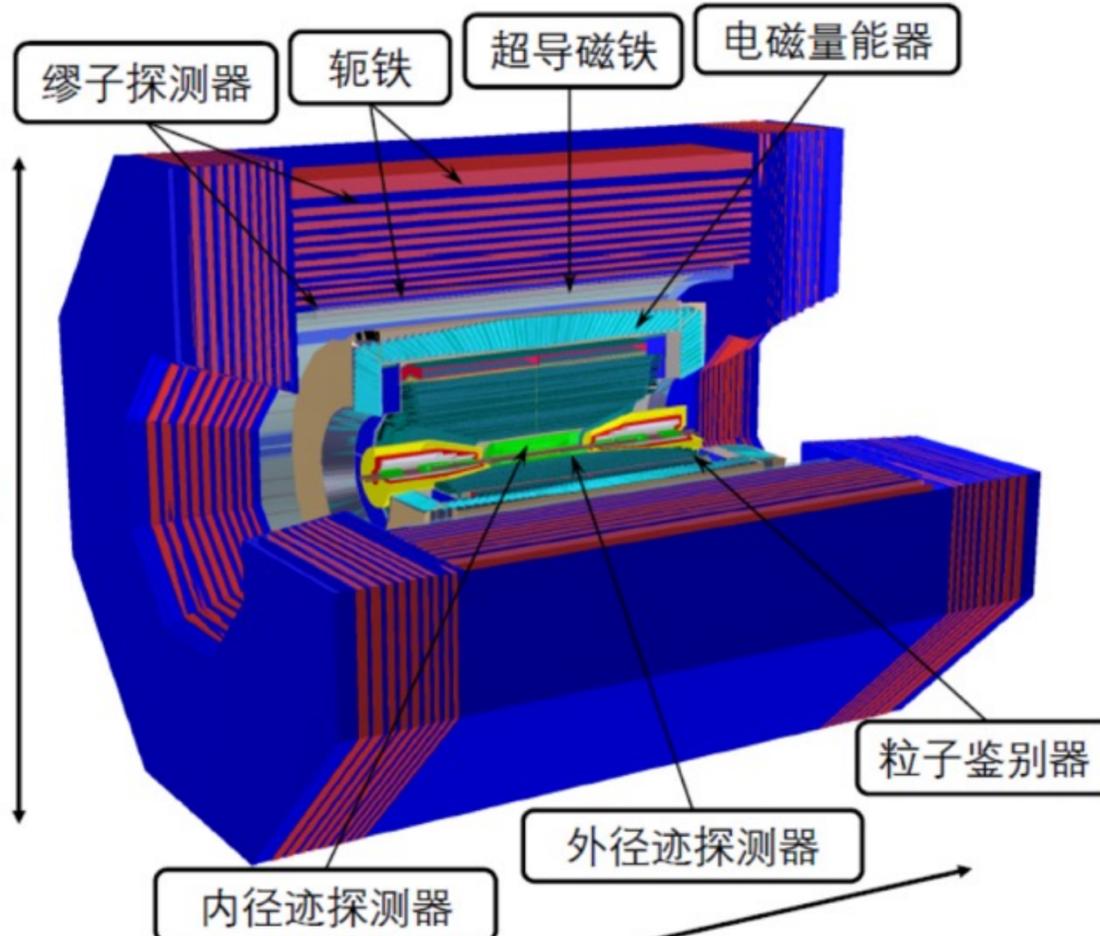
最大的挑战：强辐照高本底下实现对低能粒子($< 1 \text{ GeV}$)的精确测量 \rightarrow 极低质量 + 抗辐照高计数率

STCF探测谱仪基准设计方案



混合式缪子探测系统

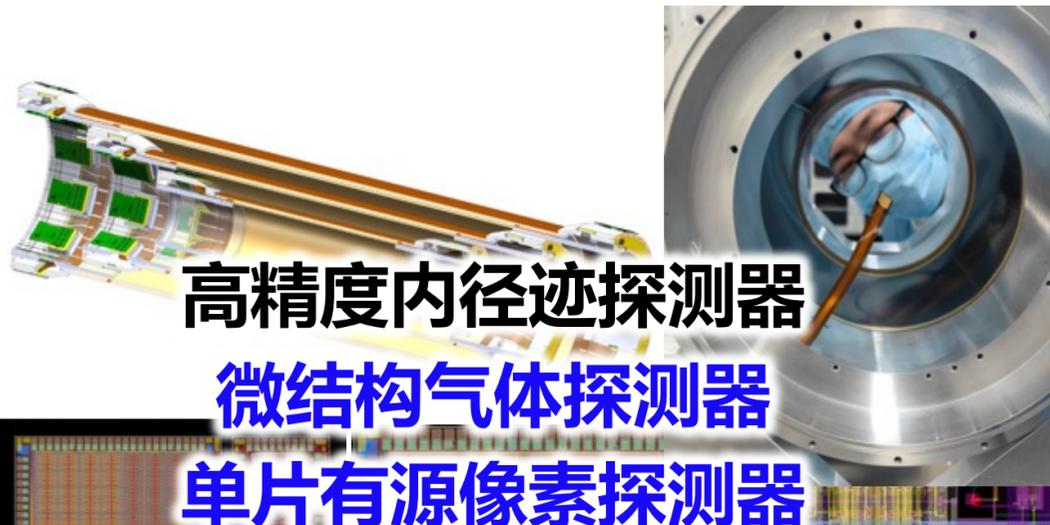
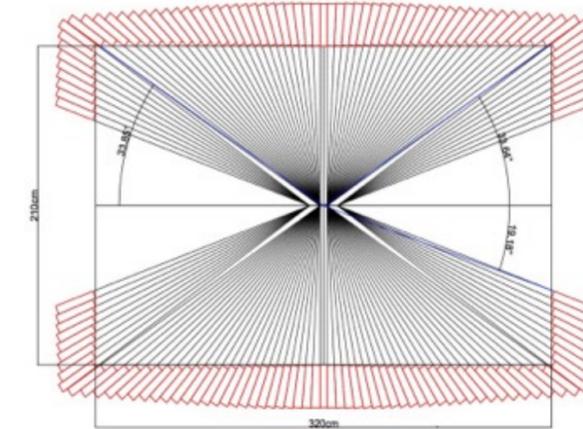
**阻性板室
+ 塑闪探测器**



~ 6 m

高计数率高精度晶体量能器

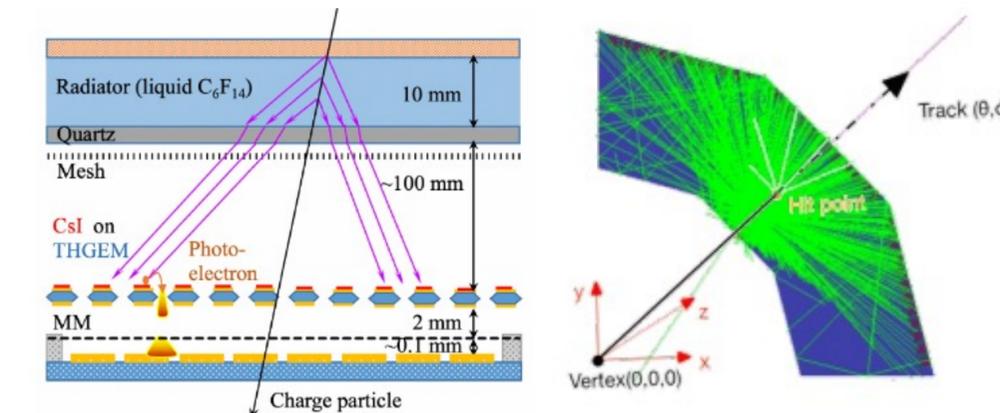
纯碘化铯+APD



高精度内径迹探测器

微结构气体探测器

单片有源像素探测器



契伦科夫粒子鉴别系统

桶部：环形契伦科夫辐射探测器

端盖：内全反射契伦科夫探测器

**大体积高计数率主径迹室
超小单元低质量漂移室**

STCF探测谱仪：核心技术与参数指标

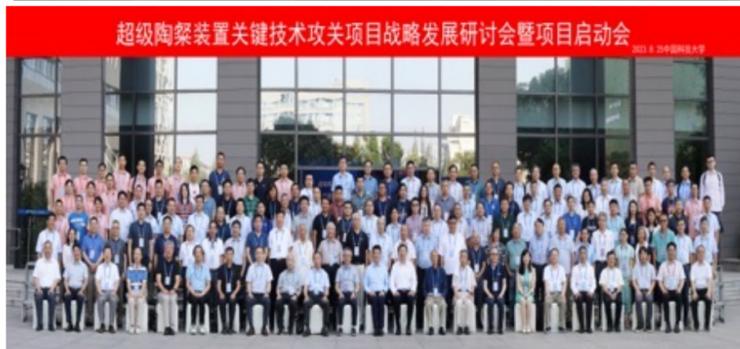
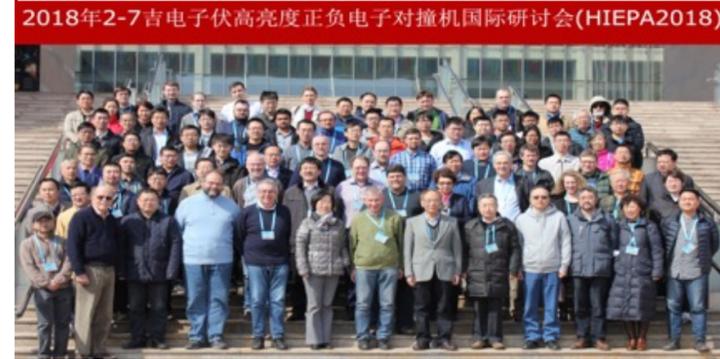
各项核心技术均达到或超过世界先进水平!

核心技术	超级陶粲装置要求	国内外现状
MAPS 内径迹探测器	时间分辨 < 30 ns 位置分辨 < 20 μm 有能量测量, 单层物质质量 < 0.3% X/X_0	国内: 无 国际: ALICE ITS2: 时间分辨 10 μs , 位置分辨 5 μm , 无能量测量, 单层物质质量 \sim 0.35% X/X_0
MPGD 内径迹探测器	时间分辨 < 10 ns 位置分辨 < 100 μm 计数率能力 > 1 MHz/cm ² 圆柱形, 单层物质质量 < 0.3% X/X_0	国内: 无 国际: KLOE CGEM: 位置分辨 \sim 200 μm , 单层物质质量 \sim 0.5% X/X_0
DIRC 粒子鉴别探测器	单元面积 \sim 0.6 m ² , 本底计数率 \sim 100 MHz条件下 时间分辨 < 30 ps	国内: 无 国际: 研发中
pCsl 晶体量能器	在 \sim 1MHz (\geq 0.5MeV) 本底计数率条件下 能量分辨: \sim 5% @ 100 MeV, 2.5% @ 1 GeV 时间分辨: 300 ps @ 1GeV	国内: BESIII 在平均 \sim 20 kHz ($>$ 0.5 MeV) 本底计数率条件下, 能量分辨: \sim 5% @ 100 MeV, <u>2.5% @ 1 GeV</u> , 无时间分辨 国际: Belle II 在平均 \sim 250 Hz ($>$ 100 MeV) 本底计数率条件下, 能量分辨: \sim 8% @ 100 MeV, <u>2.2% @ 1 GeV</u> , 无时间分辨
电子学读出 ASIC 芯片	全波形输出, 64通道, 电荷分辨 < 0.5 fC @ 48 fC & 20 pF, 时间分辨 < 1.0 ns @ 20 fC & 20 pF, 事例率 > 100kHz	国内: 无 国际: AGET芯片 事例率 < 1 kHz
	64通道, 时间分辨 < 10 ns @ 5fC, 事例率 > 4 MHz	国内: 无 国际: VMM芯片 事例率 < 1 MHz

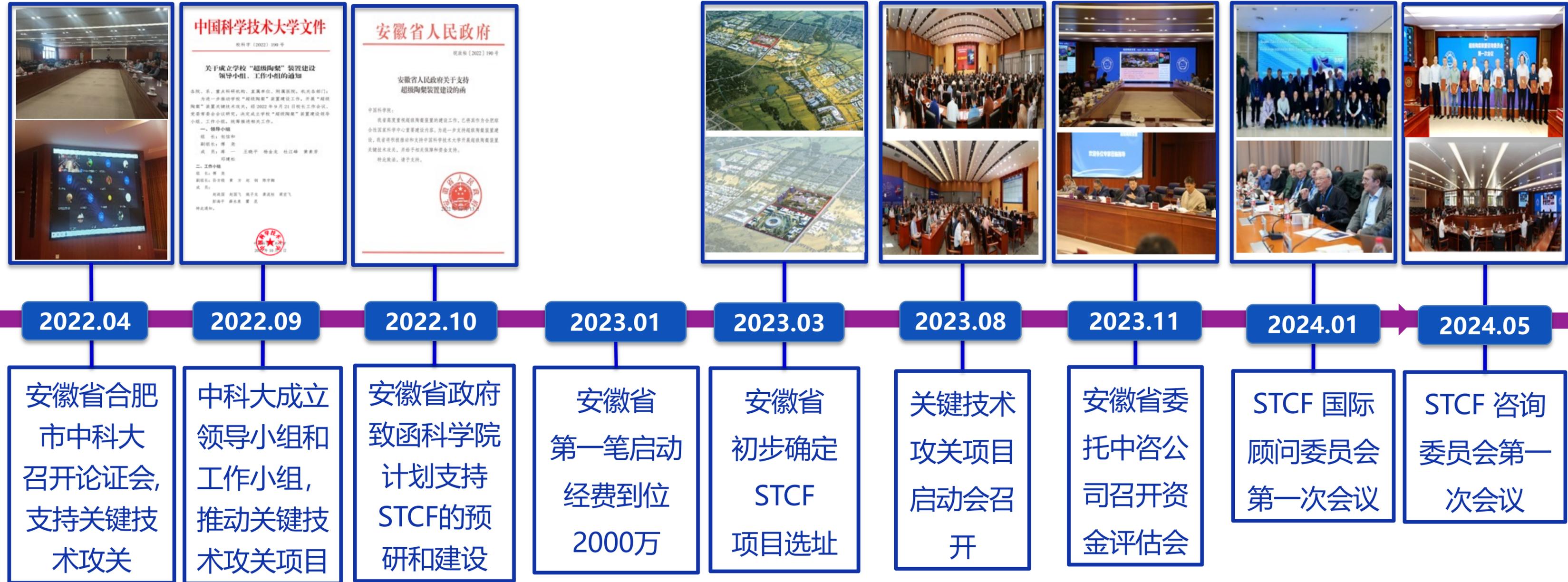
STCF国内外交流

时间	地点	Content
2018.10	衡阳 (南华大学)	STCF
2019.03	北京 (国科大)	STCF: Physics
2019.07	合肥 (中国科大)	STCF: Accelerator
2019.08	合肥 (中国科大)	STCF: Phys. & Simulations
2019.11	北京 (国科大)	STCF: CDR
2020.08	合肥 (中国科大)	STCF: From CDR to TDR
2022.12	广州 (中山大学)	STCF: R&D kick-off
2023.07	郑州 (郑州大学)	STCF: Collaboration
2024.07	兰州 (兰州大学)	STCF: 15 th -five-year plan

Time	Place	Content
2015.01	Hefei, China	STCF Focused
2018.03	Beijing, China	STCF Focused
2018.05	Novosibirsk, Russia	SCTF Focused
2018.12	Paris, France	1 st joint FTCTF
2019.08	Moscow, Russia	2 nd FTCTF
2020.11	Online, China	3 rd FTCTF
2021.11	Online, Russia	4 th FTCTF
2024.01	Hefei, China	5 th FTCTF
2024.11	Guangzhou, China	6 th FTCTF (scheduled)



STCF项目近期进展



STCF国际顾问委员会



Report of first meeting of International Advisory Committee for the Super Tau Charm Facility

Maria Enrica Biagini^{*1}, Ikaros Bigi^{*2}, Alex Bondar^{*3}, Tom Browder⁴, Kuang-Ta Chao^{*5}, Yuanning Gao⁵, Wolfgang Gradl⁶, David Hitlin^{*7}, Tord Johansson^{*8}, Marek Karliner^{*9}, Eugeny Levichev³, Yugang Ma^{*10}, Mikihiko Nakao^{*11}, Stephen Olsen^{*12}, Alexey Petrov^{*13}, Antonio Pich^{*14}, Makoto Tobiyama^{*11}, Guy Wilkinson^{†*15}, Hongwei Zhao¹⁶, Zhentang Zhao^{*17}, Frank Zimmermann^{†*18}, Bingsong Zou^{*19}

¹ INFN - Frascati National Laboratories, ² University of Notre Dame, ³ Budker Institute of Nuclear Physics (BINP), ⁴ University of Hawaii, ⁵ Peking University, ⁶ Johannes Gutenberg University Mainz, ⁷ California Institute of Technology, ⁸ Uppsala University, ⁹ Tel Aviv University, ¹⁰ Fudan University, ¹¹ High Energy Accelerator Research Organization (KEK), ¹² Chung Ang University, ¹³ University of South Carolina, ¹⁴ University of Valencia, IFIC, ¹⁵ University of Oxford, ¹⁶ Institute of Modern Physics, CAS, ¹⁷ Shanghai Advanced Research Institute, CAS, ¹⁸ European Organization for Nuclear Research (CERN), ¹⁹ Institute of Theoretical Physics, CAS.

国际顾问委员会(IAC): 共22位专家

主席: Guy Wilkinson (Oxford)

副主席: Frank Zimmermann (CERN)

IAC报告总结: STCF将是一个具有**丰富物理潜能**的独特装置。它将在多个重要课题上获得**世界领先**的精确结果, 并具有**重大的发现**的潜力。它将**完美地补充**目前正在运行或预计在2030年代和2040年代运行的其他设施, 受到国际粒子物理学界的**极大关注**。项目的**主要挑战**在于**加速器**。其预期的亮度将比现有相同能量范围内实验的亮度高出两个数量级。IAC **十分认可**自专门的加速器部门成立以来, 在唐靖宇教授领导下, STCF **加速器设计**取得的**显著进展**。... ..

STCF关键技术攻关项目启动会



- 30位院士和来自全国各地的**专家学者**、**国家自然科学基金委员会**、**安徽省人民政府**、**合肥市相关部门**、**中国科大**等单位的领导、有关方面负责人和项目合作单位专家等近 170 人



- **张红文副省长**代表安徽省对STCF的**创新性和引领性**给予高度的肯定，表达了安徽支持**建设STCF的坚定决心**，鼓励团队扎实推进工作，多措并举推动项目**纳入“十五五”国家大科学装置规划**。
- **参会专家院士**肯定STCF项目的**独特优势和重大科学意义**、技术的**先进性和挑战性**以及**预研和建设方案可行性**；认同近期**建造 STCF** 是可行的**优先选择**，并提出了建设性的建议和意见。

STCF关键技术攻关项目经费评估



2023年12月，安徽省发改委和合肥市发改委委托中咨科技创新咨询发展中心对关键技术攻关项目开展经费评估，经过实地考察、项目攻关内容和经费评审，最后确定攻关项目的经费**3.64亿**（已到位），并且要求于2025年12月完成项目。

- 评估组组长：詹文龙院士
- 技术专家+财务专家



STCF关键技术攻关项目参与单位

加速器 (7)

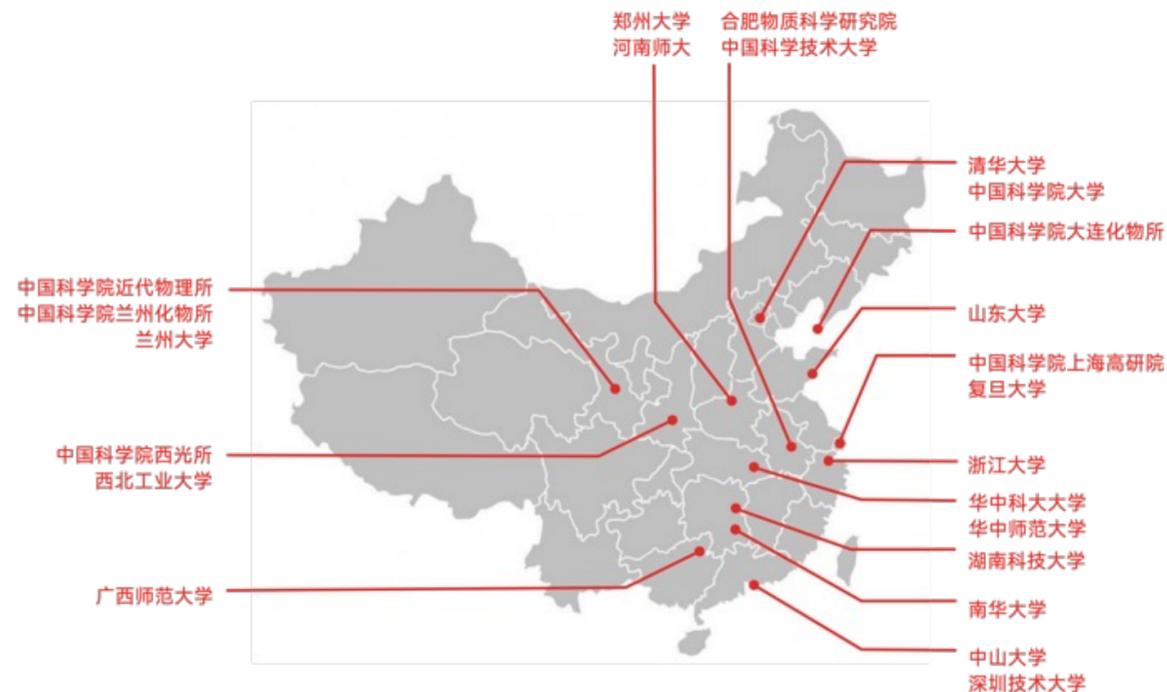
中国科学技术大学
中国科学院上海高研院
中国科学院近代物理所
合肥物质科学研究院
清华大学
华中科技大学
中国科学院大连化物所

软件研发高校 (10)

山东大学
郑州大学
中国科学院大学
中山大学
复旦大学
兰州大学
南华大学
河南师大
湖南科技大学
中国科学技术大学

探测器研发单位 (15)

中国科学技术大学
中国科学院大学
中国科学院近物所
华中师范大学
中国科学院西光所
山东大学
兰州大学
郑州大学
西北工业大学
中国科学院兰州化物所
湖南科技大学
浙江大学
广西师范大学
复旦大学
深圳技术大学

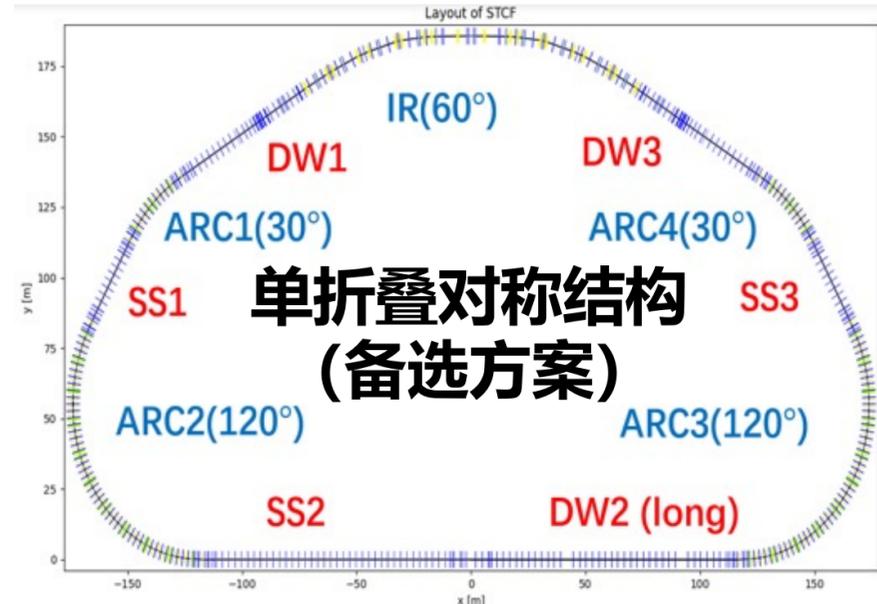
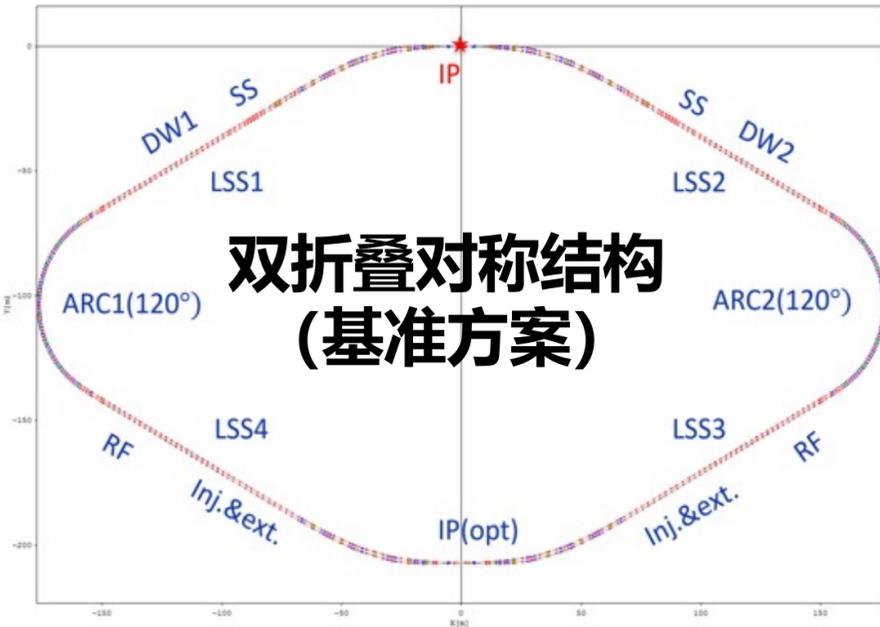


目前共有170研究人员、
142研究生参与关键技术攻关

STCF加速器：对撞环物理设计进展

两套Lattice设计

对撞区的光学布局采用模块化设计，
弧区采用标准FUDO单元



- 两个对撞环方案完成了初步Lattice设计，按月更新束流参数
- 对撞区完成了初步的模块化设计以及高阶色品校正和非线性优化
- 初步研究了通过低电平反馈系统来抑制基膜造成的耦合束团不稳定性
- 通过优化束束作用参数获得稳定高亮度区域，研究X-Z不稳定性的条件
- 初步分析了各类元件阻抗贡献并估算不稳定性阈值以及抑制方法
- 初步完成了离轴注入方案束流光学和轨道设计，置换注入同步考虑
- 初步研究了对撞环的误差分析与轨道校正
- 初步研究了对撞环束流损失机制与准直系统布局

Parameters	Units	STCF
Optimal beam energy, E	GeV	2
Circumference, C	m	871.76
Crossing angle, 2θ	mrاد	60
Revolution period, T	μ s	2.908
Horizontal emittance, ϵ_x/ϵ_y	nm	6.857/0.034
Coupling, k		0.50%
Beta functions at IP, β_x/β_y	mm	40/0.6
Beam size at IP, σ_x/σ_y	μ m	16.56/0.143
Betatron tune, ν_x/ν_y		32.55/29.57
Momentum compaction factor, α_p	10^{-4}	12.322
Energy spread, σ_e	10^{-4}	8.986
Beam current, I	A	2
Number of bunches, n_b		726
Particles per bunch, N_b	10^{10}	5.00
Single-bunch charge	nC	8.01
Energy loss per turn, U_0	keV	406.8
Damping time, $\tau_x/\tau_y/\tau_z$	ms	28.4/28.6/14.4
RF frequency, f_{RF}	MHz	499.333
Harmonic number, h		1452
RF voltage, V_{RF}	MV	1.8
Synchrotron tune, ν_z		0.0158
Bunch length, σ_z	mm	9.72
RF bucket height, δ_{RF}	%	1.47
Piwinski angle, ϕ_{pwi}	rad	17.61
Beam-beam parameter, ξ_x/ξ_y		0.0027/0.082
Hour-glass factor, F_h		0.87
Luminosity, L	$\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$	1.0×10^{35}

STCF加速器：注入器物理设计进展

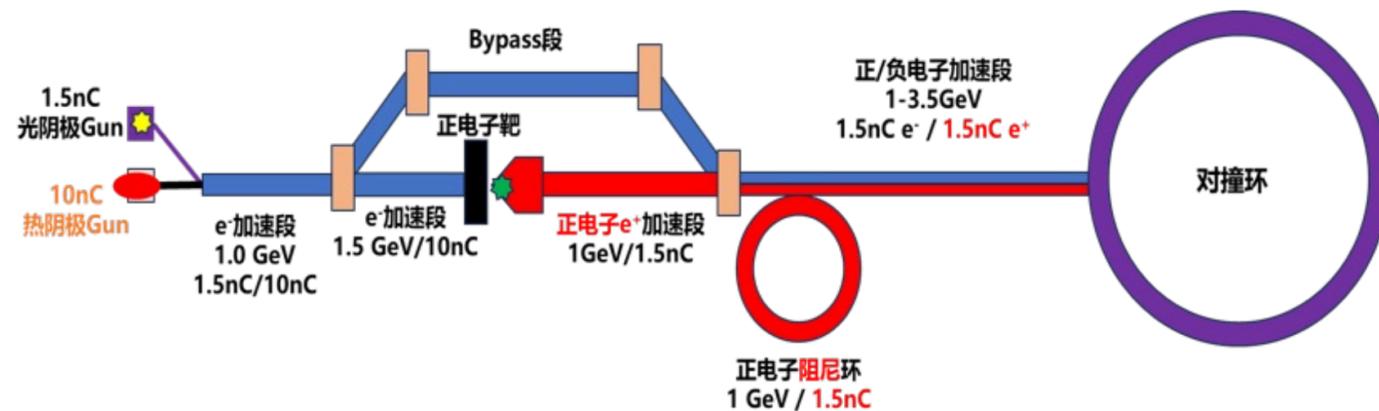
核心需求：

- 束流能量范围1-3.5GeV，要求**全能量**注入
- 为了保障对撞区的高平均亮度和机器本身的稳定性，将采用**恒流注入 (Top-up) 模式**进行注入

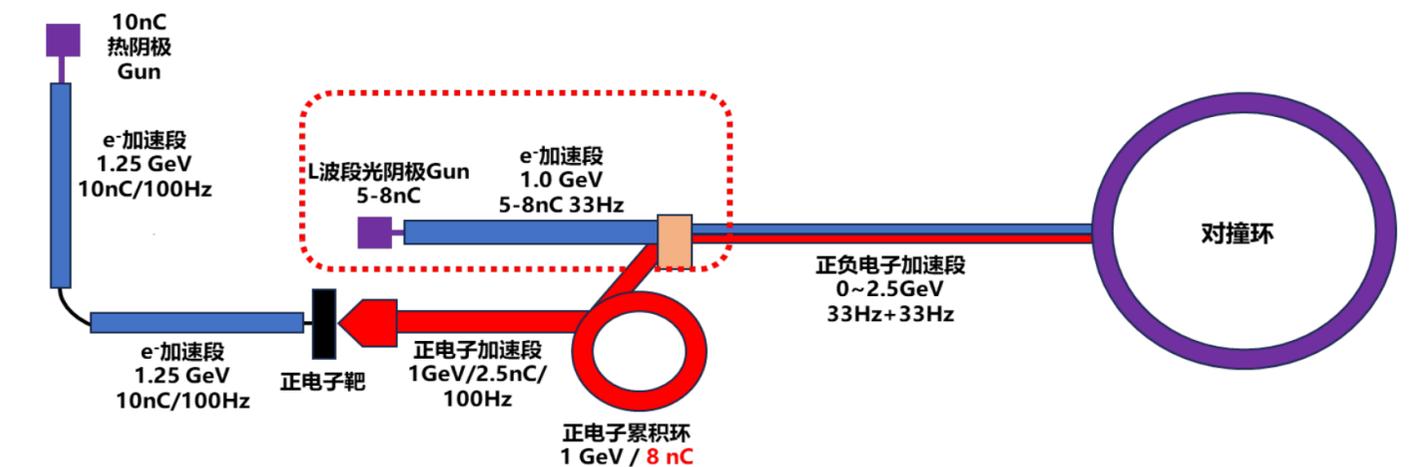
重大挑战：

- 如何同时满足注入所需的**低发射度**、**大电荷量束团**以及**小动量学孔径**

离轴注入



置换注入



受益于FEL和四代光源的设计

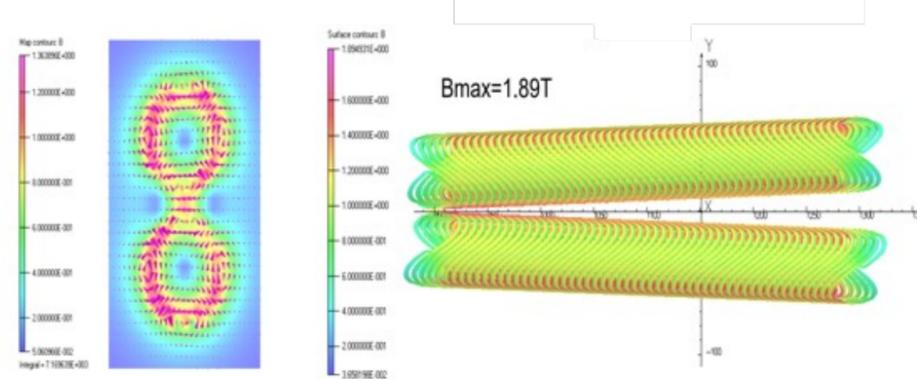
不同**注入模式**将直接决定注入器的**物理设计**和**束流参数**，同时探索两种注入模式，将在今年**年底**确认**基准**和**备选方案**

STCF加速器：关键技术研究进展

物理设计与各技术系统的现有和潜在能力交互迭代，形成现实可行的物理设计方案和对各技术系统的性能要求

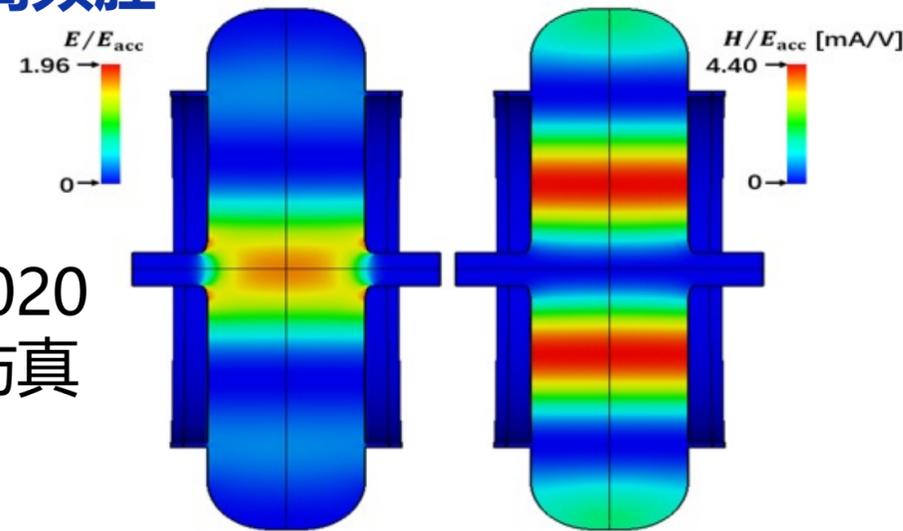
对撞区超导磁体设计

极小空间，50T/m, CCT绕线技术

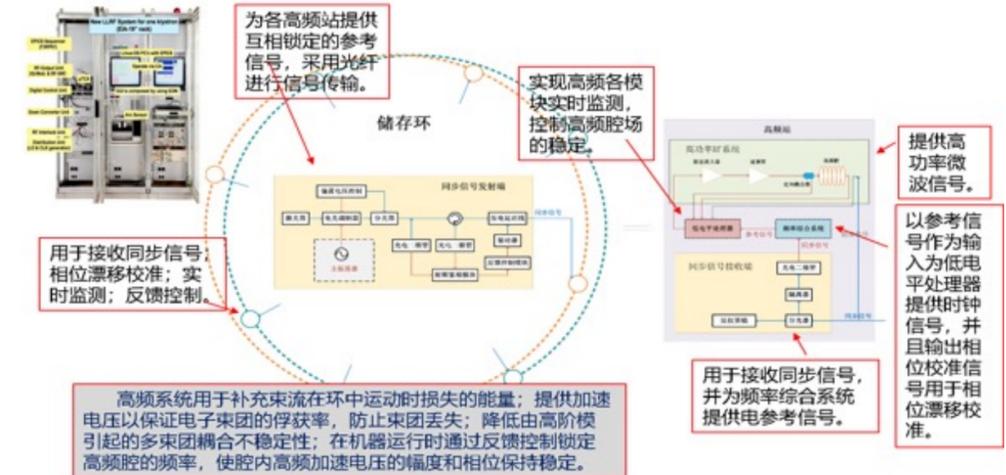


常温高频腔

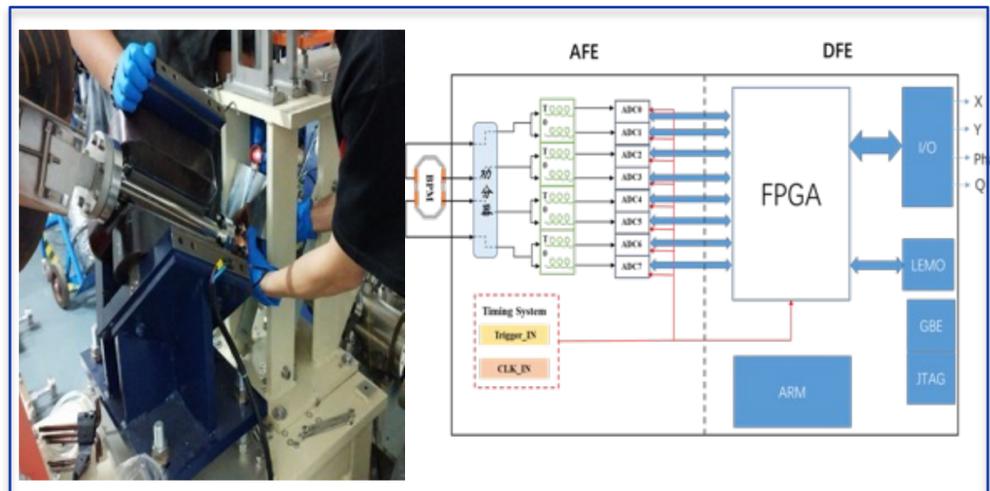
TM020腔仿真



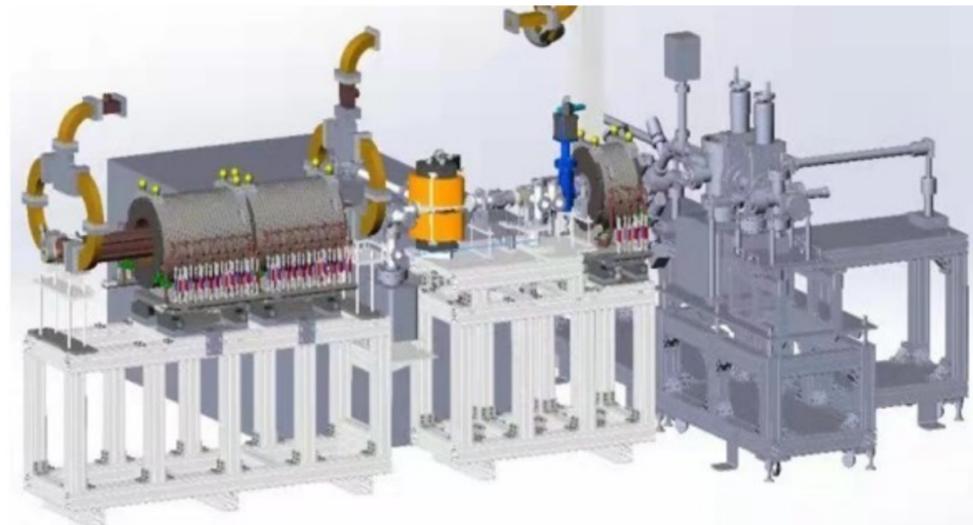
高频腔低电平技术路线



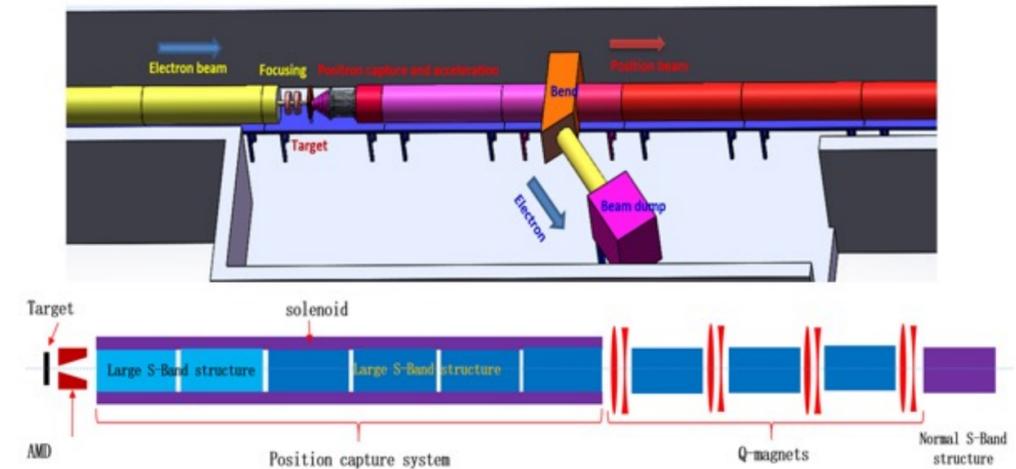
一体化逐束团3D测量信号处理器



光阴极电子枪物理设计

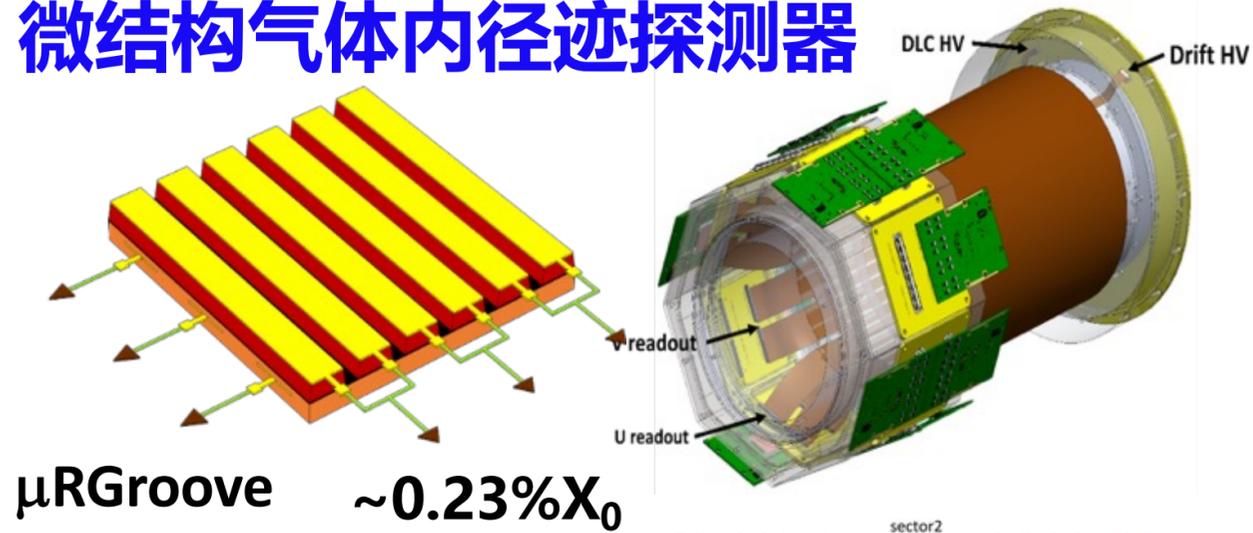


正电子源物理设计

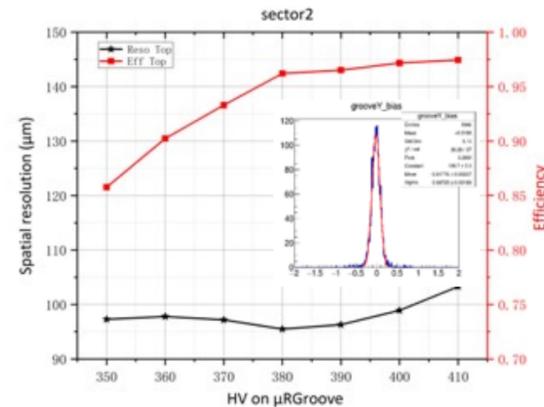


STCF探测谱仪研究进展 (I)

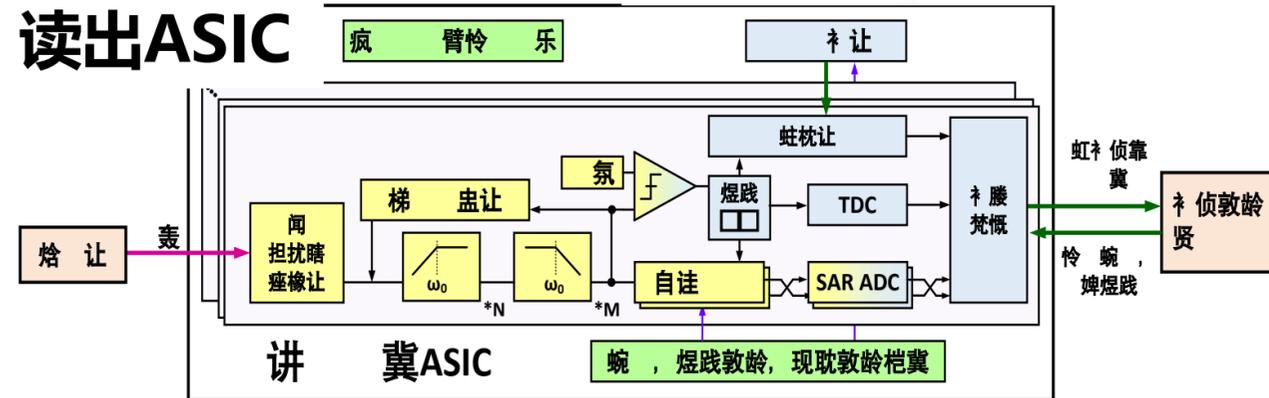
微结构气体内径迹探测器



μ RGroove $\sim 0.23\%X_0$

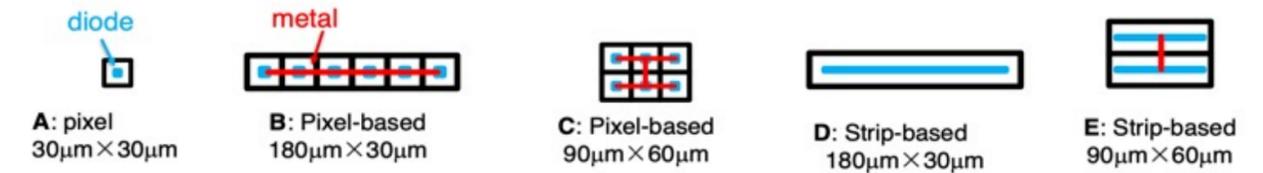


读出ASIC

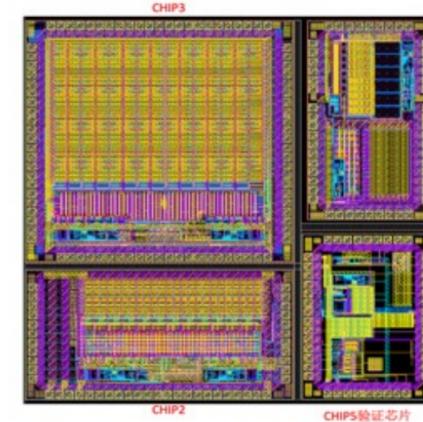


低物质质量($<0.3\%X_0$), 高位置分辨率($<100\mu\text{m}$)

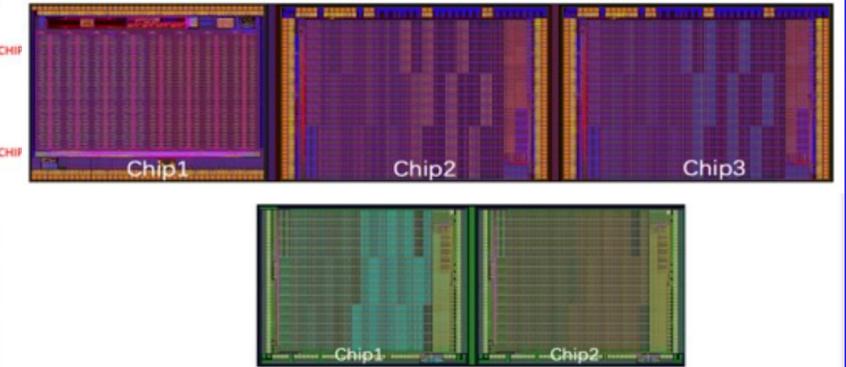
硅像素内径迹探测器-MAPS



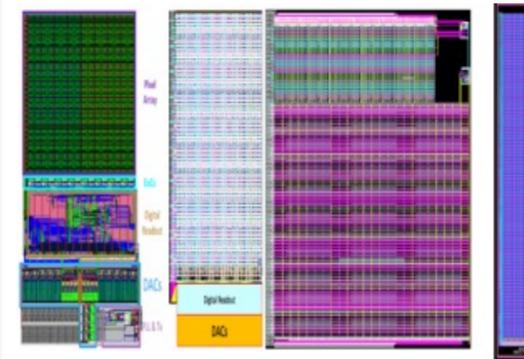
TowerJazz 180nm



NexChip FCIS/BCIS 90nm



GSMC 130nm



	TJ-MAPS	GSMC-MAPS
Current	800 nA/pix	120*6 nA/pix
Supply Voltage	1.8 V	1.2 V
Threshold	309.0 e ⁻	153.8 e ⁻
ENC	11.4 e ⁻	5.1 e ⁻
Mismatch	5.7 e ⁻	5.8 e ⁻
$t_r @ 400 \text{ e}^-$	200 ns	81 ns

低物质质量, 低功耗

积极探索国内工艺, 解决卡脖子问题

STCF探测谱仪研究进展 (II)

主漂室

3D CAD model of the STCF drift chamber showing the electrode structure and field map.

BESIII 定位子
BELLE II 定位子
STCF 定位子V1 铜管, 放电工艺
STCF 定位子V2 铝管, 拉丝工艺
STCF 定位子V3 减小尺寸, 增加电极连接

Circuit diagram of the STCF drift chamber electronics, showing a signal chain from the detector to the readout.

超低物质量, 超小单元 (5mm×5mm), 定位精度 $40\mu\text{m}$, 位置分辨率 $130\mu\text{m}$

电磁量能器

波长位移提升光产额

Photograph of the calorimeter assembly and a series of energy spectra showing the effect of a reflector and WLS.

reflector: 225um thick Teflon

CsI with WLS

CsI + NOL53 + NOL53 + Teflon

Light yield reached up to 300 p.e./MeV

σ_t : 2.0 ns @ 0.03 GeV, 0.8 ns @ 0.1 GeV

波形数字化电子学+波形拟合

Photograph of the digital electronics board and a plot of energy vs sampling points with waveform fitting.

Energy / MeV

Summed waveform
Bkg components
Signal component

Sampling points

(a) Pulse 1, Pulse 2, Sum
 (b) CFD data
 (c) Raw data, OF range, Tail from OFD
 (d) Updated baseline, Pulse 2, reconstructed

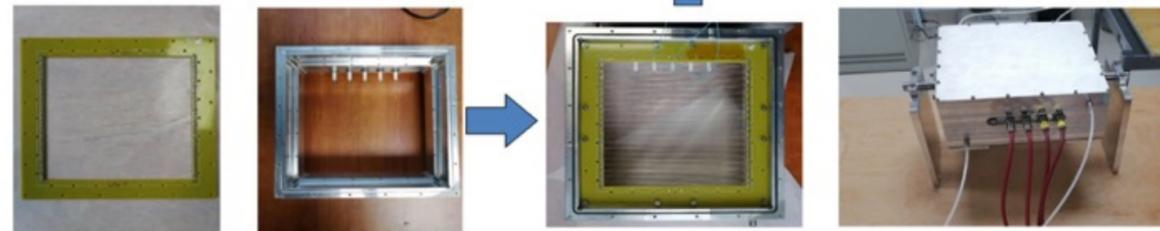
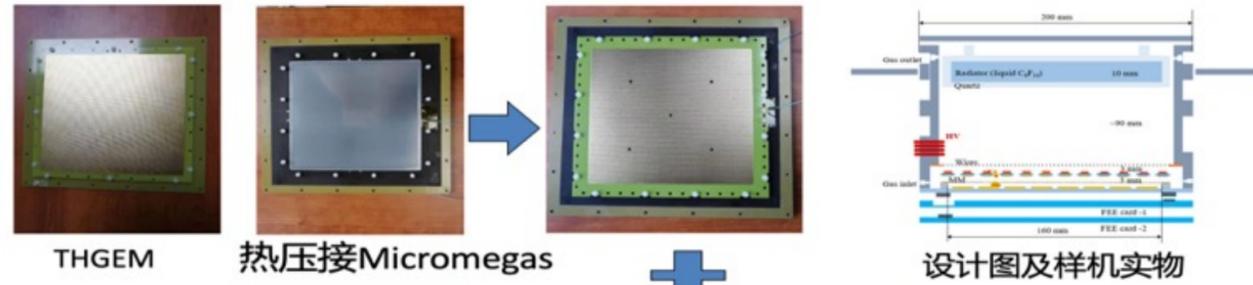
样机

Photograph of the prototype calorimeter unit and a photograph of the readout electronics board.

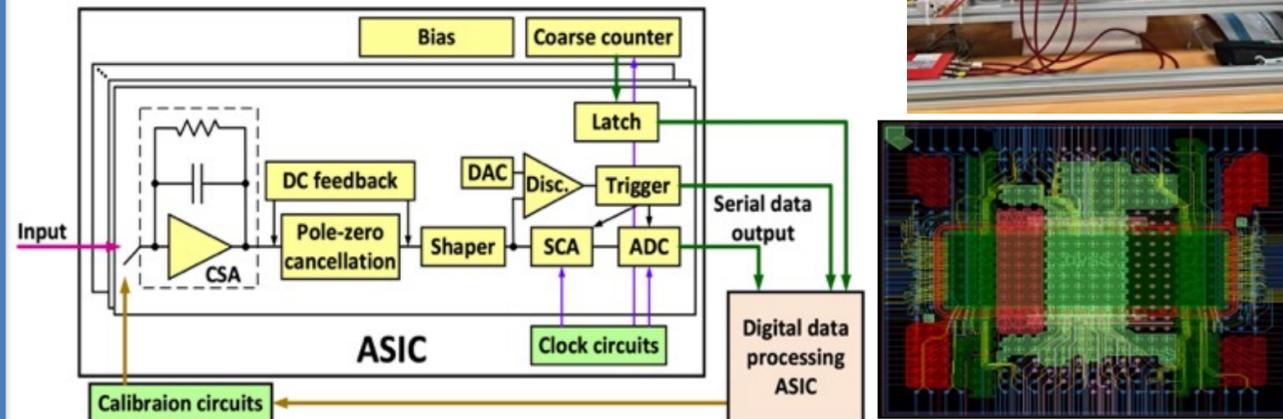
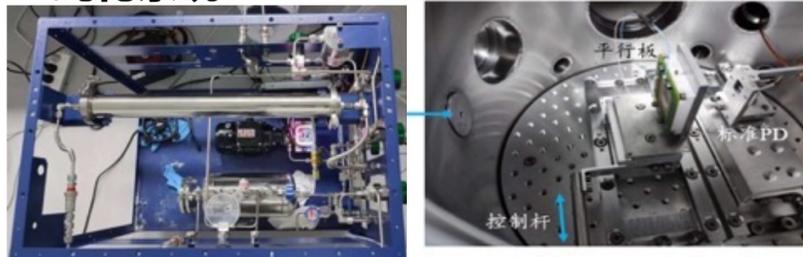
高能分辨率 (2.5%), 高时间分辨

STCF探测谱仪研究进展 (III)

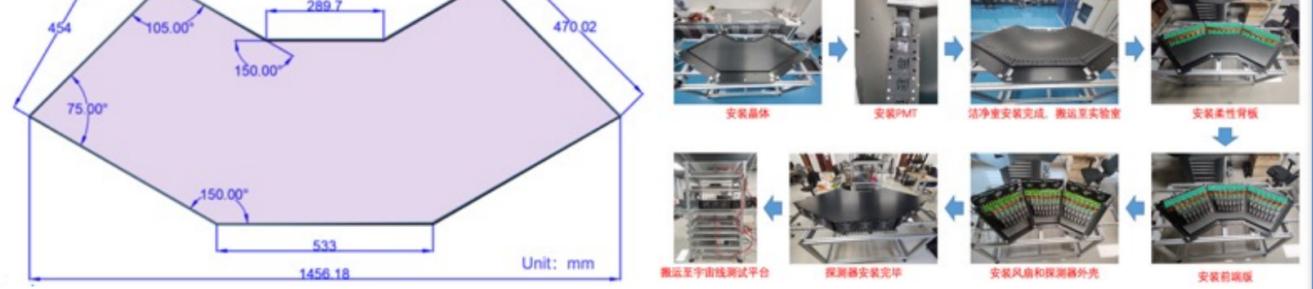
桶部PID探测器-RICH



丝型漂移阴极 气体腔室
纯化系统 碘化铯度膜系统



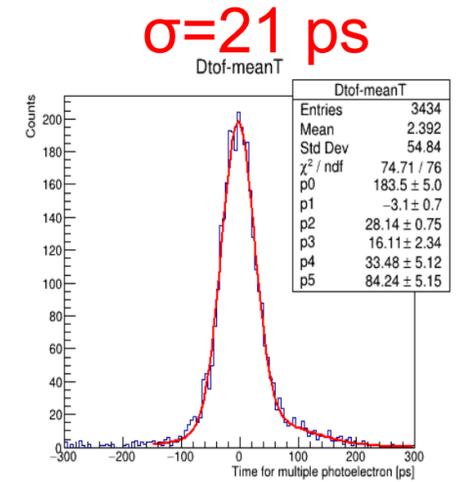
端盖PID探测器-DTOF



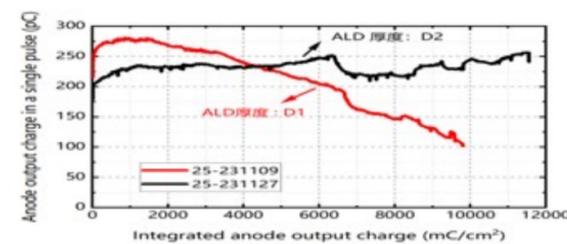
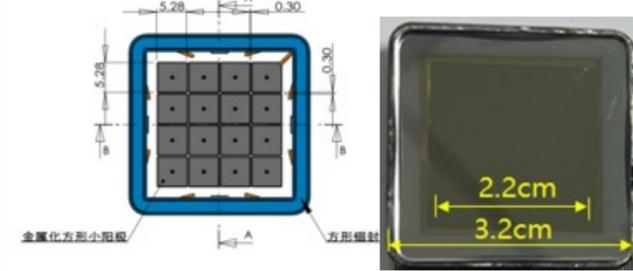
Hamamatsu R10754

- 灵敏面积: 23×23 mm²
- 像素分布: 4×4 阵列
- 像素大小: 5.5×5.5 mm²
- 光谱响应范围: 200-850 nm
- 量子效率: 25% @ λ=400 nm
- 单光子灵敏
- 高增益: >10⁶
- 增益非均匀性: 14% (σ/μ)
- 时间性能: ~27 ps

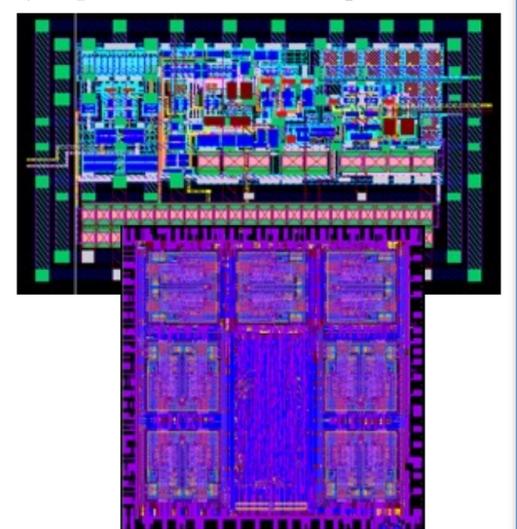
Trigger
2 × MM
TO
DTOF
2 × MM
Lead brick
Trigger



长寿命快速MCP-PMT

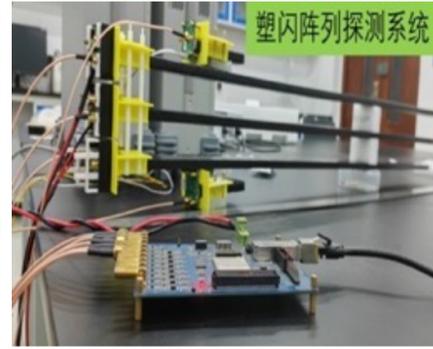
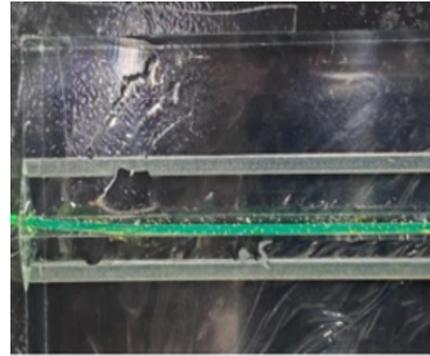


读出ASIC: FET, TDC

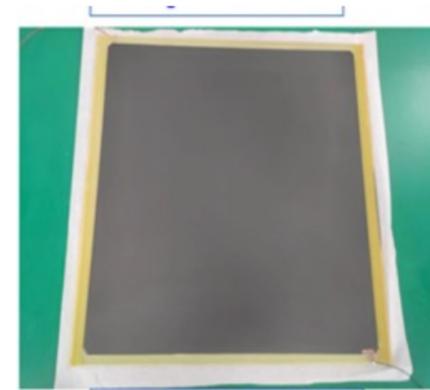
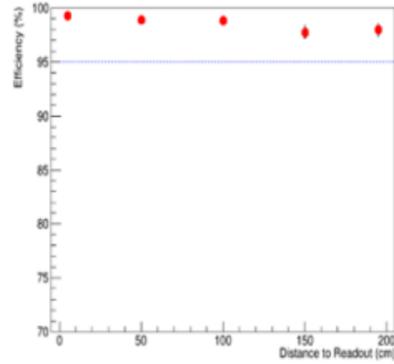


STCF探测谱仪研究进展 (IV)

缪子探测器



大面积闪烁条

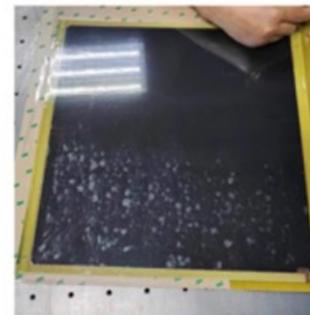


HV electrode painting

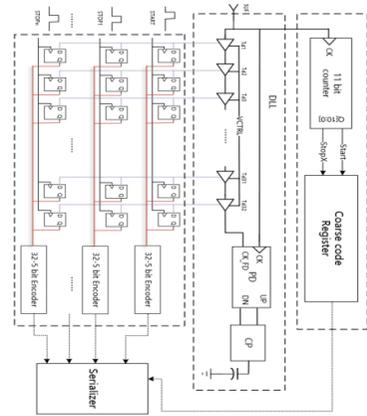
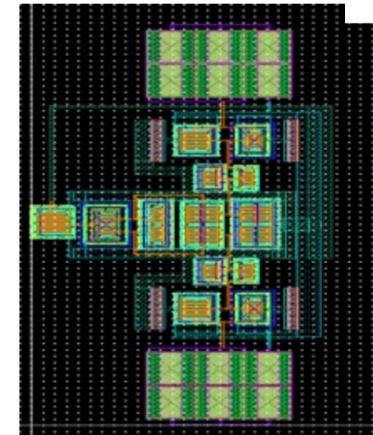
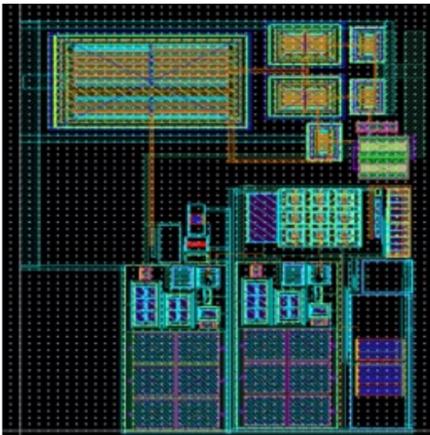


Applying insulation film

大面积玻璃RPC

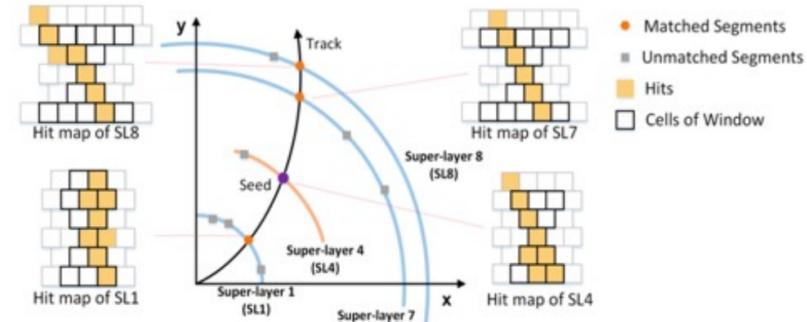


读出ASIC

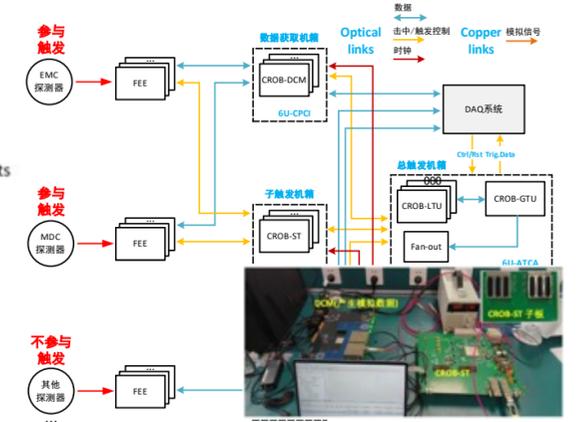
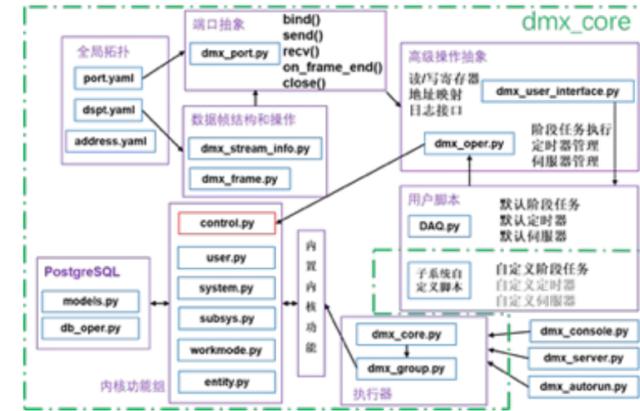


Trigger, DAQ and CLOCK

Trigger 算法及电子学

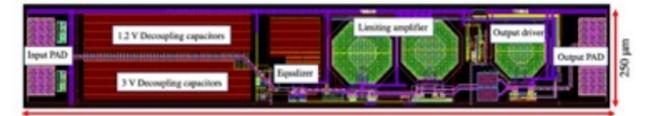
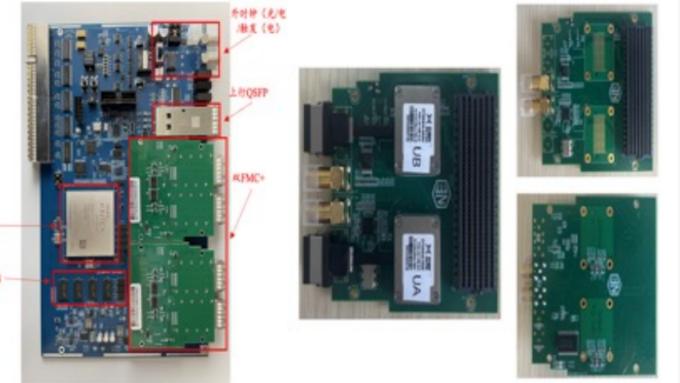
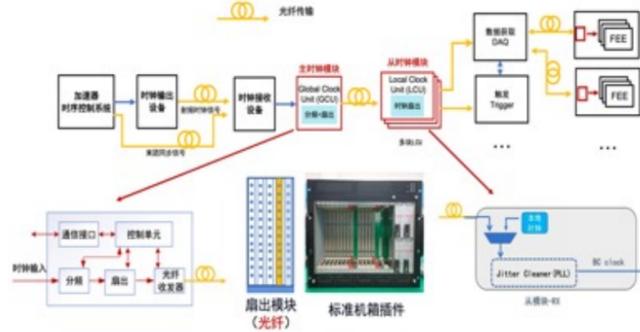


DAQ 算法及电子学

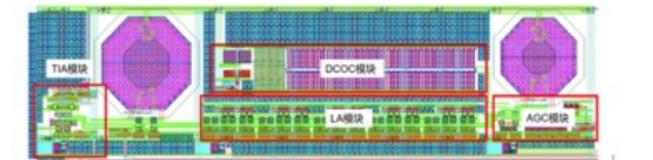


CLOCK 及ASIC

主-从 时钟模块: 分频、扇出, 低抖动



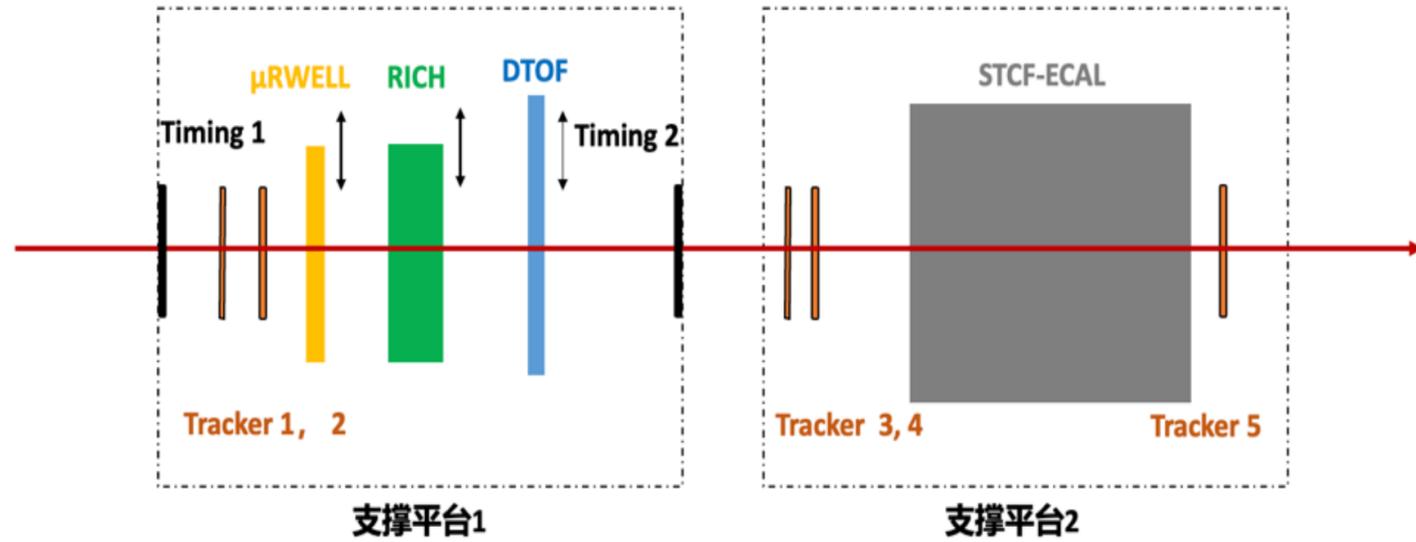
激光器驱动芯片单通道模拟核心版图基本完成



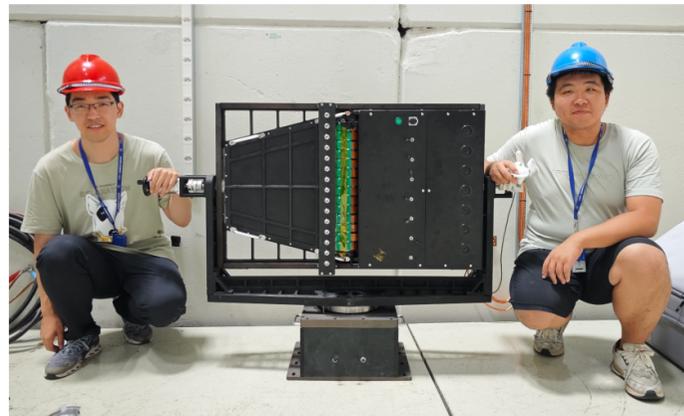
TIA跨导接收芯片单通道模拟核心基本完成

STCF探测器样机联合束流测试，探测器TDR

DTOF和EMC系统样机联合同一TDAQ系统束流测试 (7月31日-8月14日)



DTOF样机



ECAL样机

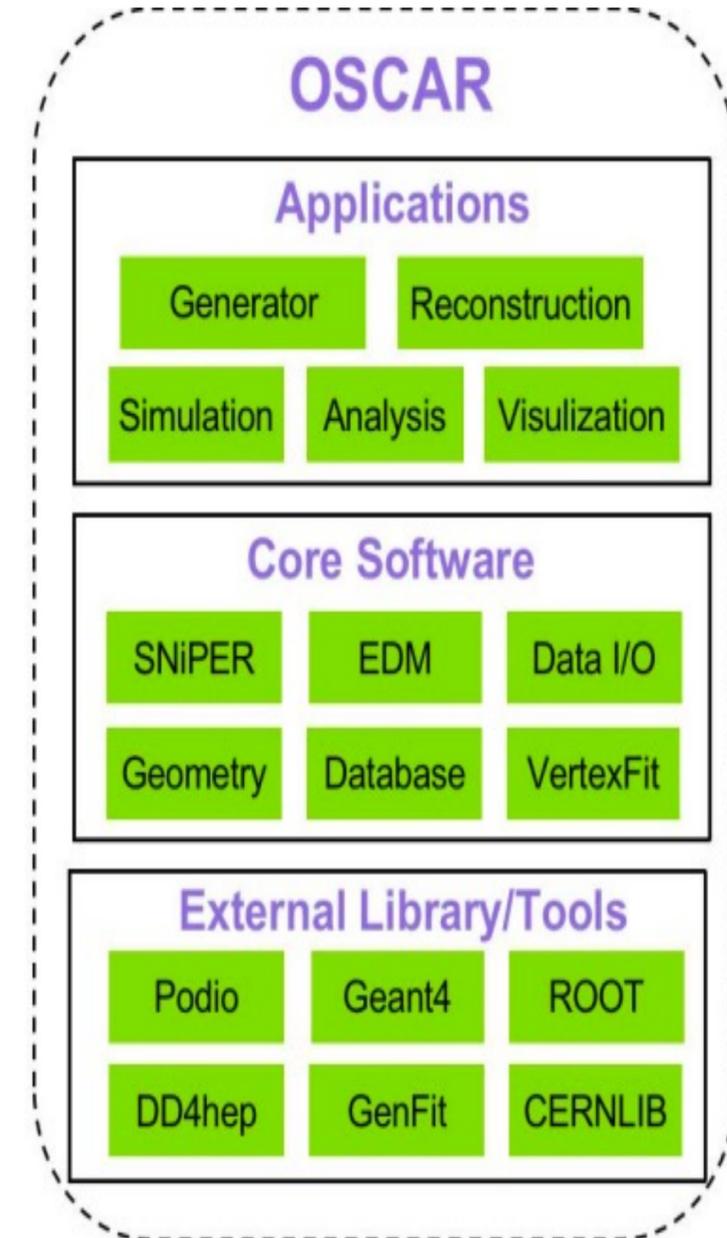
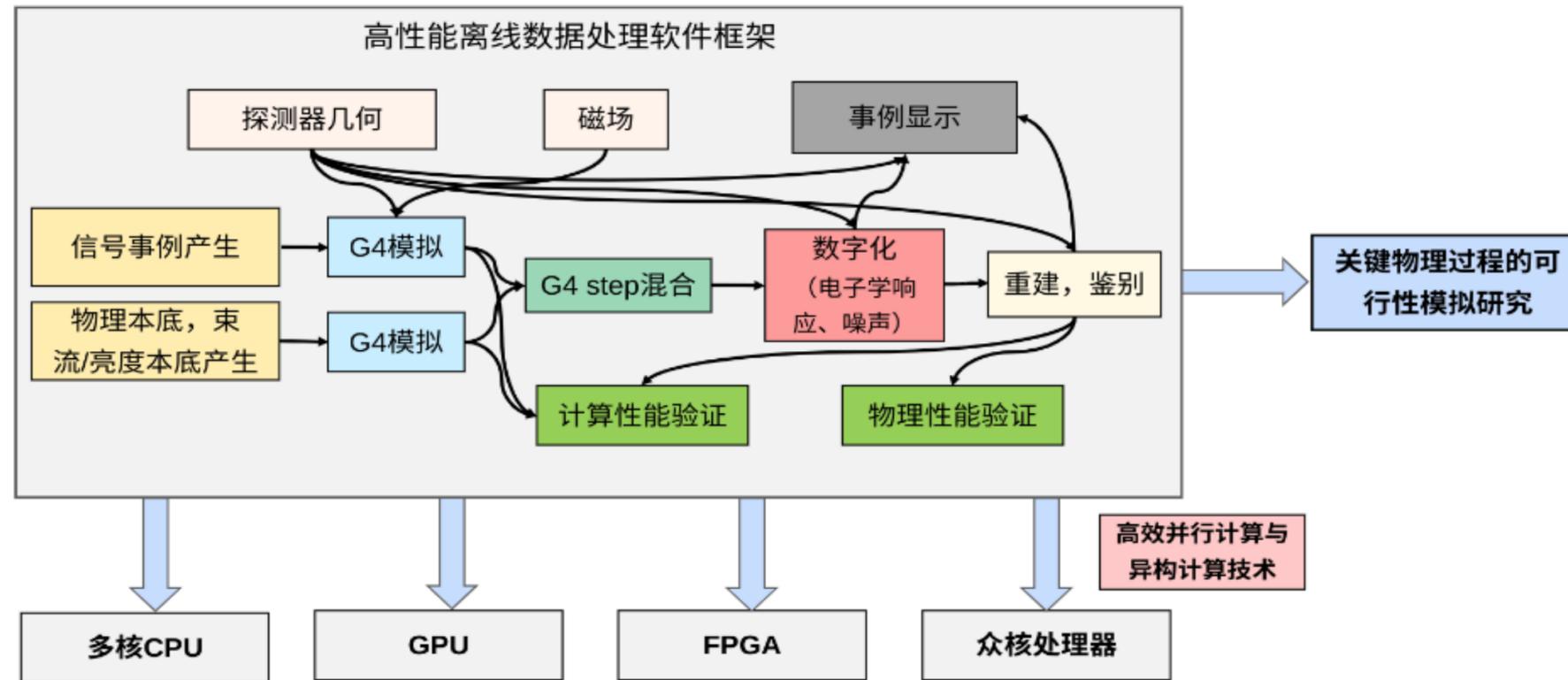


明年 (2025年) 内完成STCF探测器技术设计报告 (TDR)

STCF离线软件研发进展

基于我国自主研发的**SNiPER**软件以及国际先进的软件技术 (**DD4hep, Podio, TBB, ONNX**等) 研究和开发了**高性能离线数据处理软件系统OSCAR**, 构建起**完整的离线数据处理流程**:

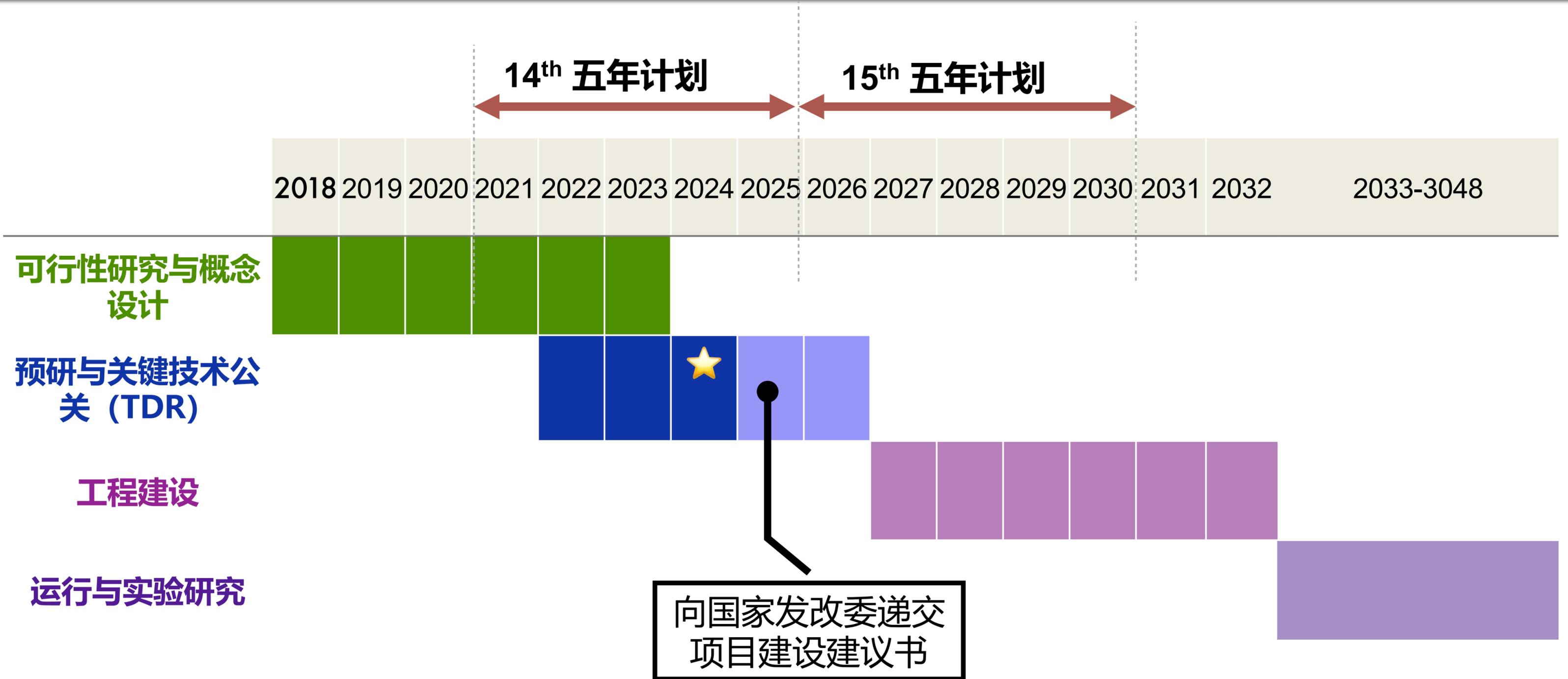
- 核心框架
- 事例产生子
- 探测器模拟
- 本底产生和混合
- 数字化模拟
- 事例重建
- 分析工具



OSCAR关键性能指标达到设计要求:

- 径迹重建: $PT > 0.1$ (0.3) GeV/c, 效率超过**95%** (**99%**);
- 簇团重建: **1 GeV** 光子能量分辨 **2.27%**, 位置分辨 **4mm**, 时间分辨: **143 ps**;
- 粒子鉴别: **2 GeV/c** π/K 和 K/p 鉴别能力达到 **3.32σ** , **2 GeV/c**的 μ/π 误鉴别率低于**3%**;

STCF项目时间表



CEPC总结（摘自海军报告）

- **CEPC旨在解决粒子物理领域最重大的科学问题，有望取得革命性的突破，使得我国在粒子物理高能量前沿领域处于国际引领地位。**
- **完成CEPC加速器技术设计报告，积极准备探测器技术设计报告；加速器和探测器关键技术取得了多项重要突破，达到国际先进水平，部分国际领先。**
- **2025年将提交CEPC项目建议书，争取获得国家“十五五”规划的支持。**
- **全力推进加速器工程设计，预计未来3~5年工程建设方面将准备就绪。**
- **加强国际合作与交流，使CEPC成为国内大科学装置国际合作的典范。**
- **非常感谢科技部，基金委，中国科学院及地方政府的大力支持！**

STCF总结 (摘自海平报告)

- STCF 具有**丰富的前沿物理**，是研究物质深层次结构，探索宇宙正反物质不对称，寻找奇特物质和新物理的**独特装置**，具有**重大发现潜力**
- STCF 将成为世界基于加速器的高能物理**五大中心之一**，**引领世界陶粲物理的研究**，将取得重大科学突破，保持我国在该领域的**国际领先**；为我国培养高端人才和发展相关尖端技术的**科技高地**
- STCF 属于**高亮度/高精度前沿**：在加速器、粒子探测、数据获取和处理、计算和网络技术和方法等方面均**极具挑战**；这些关键技术的攻克将使我国在该领域处于**世界前列**，也具有广阔的**应用前景**
- 我国在STCF 项目**具有优势**，是国际公认建造 STCF 的**最佳场所**，得到国际的充分**支持和认可**
- STCF 符合当前国情，有群体优势、国际地位的大科学装置，**性价比高**，是我国在**近中期能够实现**，能对中国高能物理发展起到**重要支撑**的关键装置，值得我国高能物理界同仁的共同努力
- STCF 项目得到安徽省、合肥市、合肥国家科学中心和中国科大的**坚定支持**，也得到中国科学院、科技部、基金委等部门相关项目的支持，目标将是**纳入“十五五”国家大科学装置建设规划**
- 关键技术攻关取得**重要进展**，国内多家**优势单位和团队**参与攻关项目，希望能够得到进一步支持

结语

- **创新的设计、前沿的技术、雄伟的目标、显著的进展**
- **中国高能物理团体的激情、追求、力量和潜能**
- **未来已来，时不我待**
- **中国需要高能物理，高能物理更需要中国**
- **能量和精度的联合才最有力量**
- **祝愿下次报告的题目能去掉“未来”**

2024年度CEPC国际研讨会

2024年10月23-27日，浙江大学与高能所联合组织举办CEPC国际研讨会
地点：杭州白金汉爵酒店，<https://indico.ihep.ac.cn/event/22089/>

International Workshop on The High Energy Circular Electron Positron Collider

October 23 - 27, 2024, Hangzhou, China

The purpose of this international workshop is to convene a global community of scientists to explore the physical potential of the Circular Electron Positron Collider (CEPC). The event aims to foster international collaboration in optimizing accelerators and detectors, as well as to intensify research and development (R&D) efforts in key technologies. Additionally, the workshop will delve into the exploration of industrial partnerships, focusing on the R&D of technologies and preparation for their industrialization.

Scientific Program Committee

Franco Bedeschi Nicole Bell Maria Enrica Biagini Daniela Bortoletto Shikma Bressler Philip Burrows Joao Guimaraes da Costa Marco Drewes Angeles Faus-Golfe Jie Gao Paolo Giacomelli Sebastian Grinstein Garam Hahn Xiaogang He Sven Heinemeyer Wenhui Huang Hassan Jawahery Eiji Kako Imad Laktineh Eugene Levichev	INFN/Pisa U.Melbourne INFN/Frascati U.Oxford WIS U.Oxford IHEP UCLouvain JCLab/Orsay IHEP INFN/Bologna IFAE POSTECH TDLI, SJTU IFT/CSIC THU U.Maryland KEK IP2I/Lyon BINP	Jianbei Liu Tao Liu Zhen Liu Wei Lu Bruce Mellado Carlo Pagani Michael Ramsey-Musolf Matthias Schott Maksym Titov Makoto Tobiyama Yoshinobu Unno Pierre Vedrine Alessandro Vicini Liantao Wang Xueqing Yan Haijun Yang Jingbo Ye Hwidong Yoo Frank Zimmermann	USTC HKUST U.Minnesota IHEP U.Wits,Themba LABS INFN/Milano TDLI/UMass JGU CEA KEK KEK CEA INFN/Milano U.Chicago PKU SJTU, TDLI IHEP Yonsei Univ. CERN
--	--	---	---

Local Organizing Committee

Kai Chen Gang Li Hengge Li Pellian Li Shu Li Yuhui Li Mangq Ruan Xiaohu Sun Kai Wang	CCNU IHEP SCNU UCAS TDLI/SJTU IHEP IHEP PKU ZJU	Xiaolong Wang Yusheng Wu Meng Xiao Elin Yang Ye Yuan Lei Zhang Liming Zhang Qidong Zhou Hongbo Zhu (chair)	FDU USTC ZJU ZJU ZJU NJU THU SDU ZJU
--	---	--	--

Secretaries
Jielin Gao Yaru Wu Hongjuan Xu Na Zhou

<https://indico.ihep.ac.cn/event/22089/>



第六届未来陶粲装置国际研讨会

中山大学 SUN YAT-SEN UNIVERSITY **中国科学技术大学** University of Science and Technology of China

The 6th International Workshop on Future Tau Charm Facilities

FTCF, 2024, Guangzhou
November 17th to 21st, 2024

International Advisory Committee

Bagni, Marco	INFN-LNF, Italy
Barak, Sergey	LJCLab, Orsay, France
Bianchi, Fabrizio	UNITO & INFN, Italy
Bondar, Alexander	NSU & BINP, Russia
Chao, Ruangta	PRU, China
Cheng, Haiyang	SHSU, China
Furukawa, Yoshio	KIX, Japan
Gard, Wolfgang	JGU, Germany
Hartmut, Christoph	FZ Juelich, Germany
Hu, Xiao-gang	SJTU, China
Hulin, David	Caltech, USA
Kafner, Mark	TAU, Israel
Kudenko, Yury	INR, Russia
Lustan, Alberto	SNS & INFN, Italy
Ma, Jianping	ITP, China
Mitchell, Ryan	ILL, USA
Nakada, Tetsuya	EPPM, Switzerland
Ohmi, Kazuhiko	KIX, Japan
Olsen, Stephen	CAU & BIC, Korea
Pich, Antonio	IFIC, UV - CSIC, Spain
Rieg, Fabio	Comtet, Mexico
Shen, Xiaoyan	IBED, China
Wang, Junqiang	IBED, China
Williamson, Guy	CAFPP, UK
Wu, Chengsheng	IBED, China
Zhao, Zhengqun	USTC, China
Zhu, Bing-xiong	ITP, China

Local Organizing Committee

Cong Gang	SJSU
Manyan Cai	SJSU
Jin Zhang	SJSU
Zhangyun You	SJSU
Wei Chen	SJSU
Wei Wang	SJSU
Haocong Zhou	USTC
Qipeng Hu	USTC
Haocong Wang	USTC

Program Committee

Physics Theory

Fusheng Yu	(SJTU, China)
Vadim Baru	(Ruhr U, Germany)
Pablo Rog	(Cinvestav, Mexico)

Experiment

Chenwei Yang	(PKU, China)
Timothy Uglew	(JPI and HSE, Russia)
Ryan Mitchell	(SI, USA)
Roman Mizuk	(LPI, Russia)

Accelerator

Jiuding Wang	(HEP, China)
Qing Luo	(USTC, China)
Sergey Sinyakov	(BNP, Russia)
Osahiro Nakayoshi	(KIX, Japan)

Detector

Jianbin Liu	(USTC, China)
Yury Tishonov	(BNP, Russia)
Shoji Uno	(KIX, Japan)
Anastasio Balas	(GSI, Germany)

Software and computing

Haocong Ai	(ZJU, China)
Andrey Sukhanov	(BNP, Russia)

The 6th International Workshop on Future Tau Charm Facilities (FTCF2024-Guangzhou)

时间：11.17-11.21, 2024

地点：中山大学，广州

网址：<https://indico.pnp.ustc.edu.cn/event/1948>

当前状态：注册开通，议程委员会确定

