

中国超级陶-粲装置

Super Tau-Charm Facility (STCF)

郑阳恒

(代表STCF工作组)

2020年10月，强子物理在线论坛

电子邮件: zhengyh@ucas.edu.cn

提纲

- ◆ 潜在物理亮点
- ◆ 加速器、探测器关键技术预研进展及亮点
- ◆ 国内和国际合作情况
- ◆ 预研经费的申请情况、推动策略及路线和选址的初步考虑
- ◆ 总结

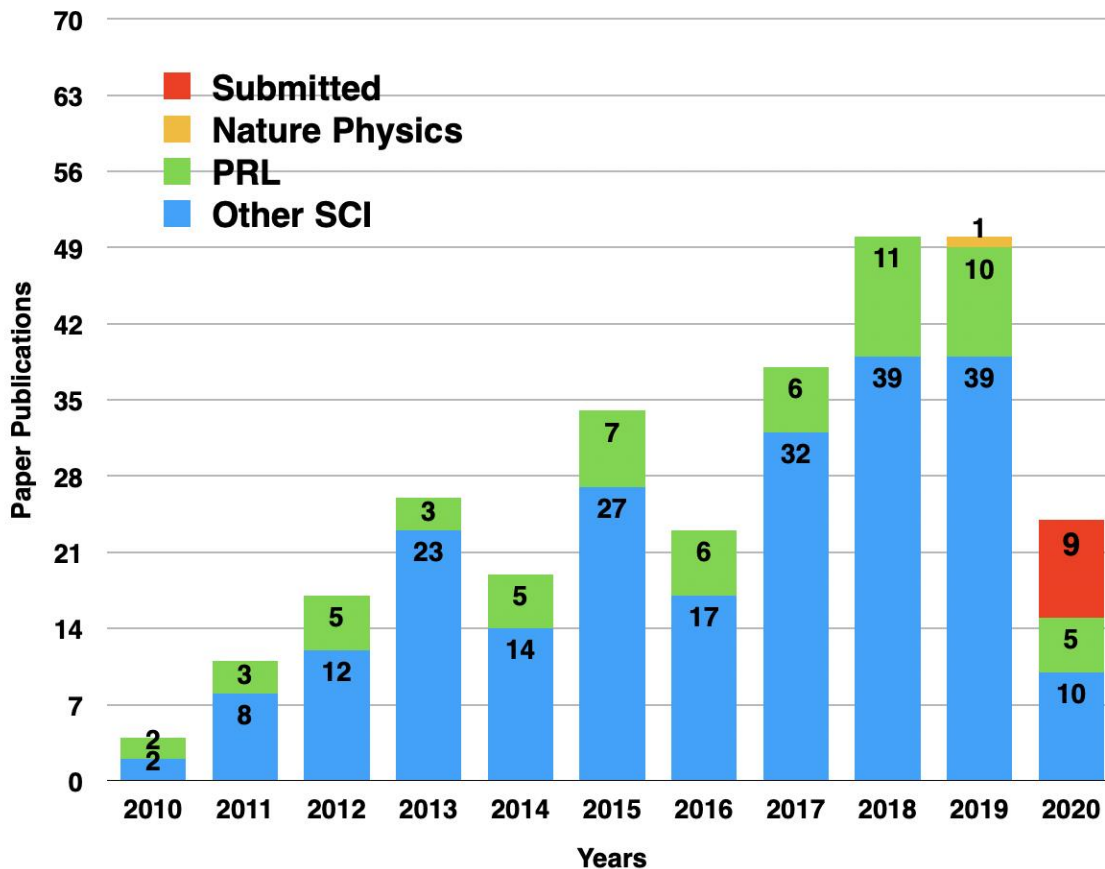
BES实验上的部分物理亮点

- ◆ τ 质量测量
- ◆ R scan
- ◆ X(1835)等一系列轻强子的发现
- ◆ Z_c 系列粒子的发现
- ◆ Λ_c 产生衰变测量
- ◆ CKM & Decay constants & δ 的测量
- ◆ Polarization of Baryons in J/ψ
- ◆ ...

Threshold $\Rightarrow$ 高统计量、低本底

结论：只要阈值上获取数据的统计量不受到挑战，就能产出特色的物理成果。

Publication of BESIII



Up to August 13, 2020: 287 publications, 63 PRL,

Excellent in both quantity and quality

<http://bes3.ihep.ac.cn/pub/physics.htm>

BEPCII/BESIII 实验的局限性

- ◆ BEPCII/BESIII 装置已经运行12年了（硬件设备设计寿命有限）；
- ◆ 现有储存环隧道长度和空间限制了BEPCII的进一步亮度升级（亮度难以有量级上的提升）；
- ◆ 陶粲能区很多具有挑战性的课题需要统计量量级上的提升，以及更高的对撞质心系能量；
- ◆ 来自Super-KEKB/Belle II实验的挑战（设计对撞亮度比KEKB提升了40倍 $\Rightarrow$ ISR数据潜在挑战BESIII阈值产生的统计量）

建造一个超级陶粲装置（STCF）是BEPCII/BESIII的自然延伸，也将成为我国未来粒子物理研究加速器基地。

BEPCII vs STCF

BEPCII

- ❑ Peak luminosity $0.6\text{--}1 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ at **3.773 GeV**
- ❑ Energy range $E_{\text{cm}} = 2 - 4.9 \text{ GeV}$
- ❑ No Polarization

Designed STCF

- ❑ Peak luminosity $0.5\text{--}1 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ at **4 GeV**
- ❑ Energy range $E_{\text{cm}} = 2\text{--}7 \text{ GeV}$
- ❑ **Single Beam Polarization** (Phase II)



若达到设计亮度，STCF运行1天所采集数据约为BEPC全年物理取数的一半或更多

STCF上的数据样本

STCF在不同能量点上运行1年产生的事例样本

CME (GeV)	Lumi (ab ⁻¹)	samples	σ (nb)	No. of Events	remark
3.097	1	J/ψ	3400	3.4×10^{12}	
3.670	1	$\tau^+\tau^-$	2.4	2.4×10^9	
3.686	1	$\psi(3686)$	640	6.4×10^{11}	
		$\tau^+\tau^-$	2.5	2.5×10^9	
		$\psi(3686) \rightarrow \tau^+\tau^-$		2.0×10^9	
3.770	1	$D^0\bar{D}^0$	3.6	3.6×10^9	
		$D^+\bar{D}^-$	2.8	2.8×10^9	
		$D^0\bar{D}^0$		7.9×10^8	Single Tag
		$D^+\bar{D}^-$		5.5×10^8	Single Tag
		$\tau^+\tau^-$	2.9	2.9×10^9	
4.040	1	$\gamma D^0\bar{D}^0$	0.40	4.0×10^6	$CP_{D^0\bar{D}^0} = +1$
		$\pi^0 D^0\bar{D}^0$	0.40	4.0×10^6	$CP_{D^0\bar{D}^0} = -1$
		$D_s^+ D_s^-$	0.20	2.0×10^8	
		$\tau^+\tau^-$	3.5	3.5×10^9	
4.180	1	$D_s^{*+} D_s^- + c.c.$	0.90	9.0×10^8	
		$D_s^{*+} D_s^- + c.c.$		1.3×10^8	Single Tag
		$\tau^+\tau^-$	3.6	3.6×10^9	
4.230	1	$J/\psi \pi^+ \pi^-$	0.085	8.5×10^7	
		$\tau^+\tau^-$	3.6	3.6×10^9	
		$\gamma X(3872)$			
4.360	1	$\psi(3686) \pi^+ \pi^-$	0.058	5.8×10^7	
		$\tau^+\tau^-$	3.5	3.5×10^9	
4.420	1	$\psi(3686) \pi^+ \pi^-$	0.040	4.0×10^7	
		$\tau^+\tau^-$	3.5	3.5×10^9	
4.630	1	$\psi(3686) \pi^+ \pi^-$	0.033	3.3×10^7	
		$\Lambda_c \bar{\Lambda}_c$	0.56	5.6×10^8	
		$\Lambda_c \bar{\Lambda}_c$		6.4×10^7	Single Tag
		$\tau^+\tau^-$	3.4	3.4×10^9	
4.0-7.0 > 5	3	300 points scan with 10 MeV step, 1 fb ⁻¹ /point several ab ⁻¹ high energy data, details dependent on scan results			

□ 2 – 5 GeV能区的亮点物理过程:

- 新型强子态
- 核子结构
- CP破坏
- 粲偶素/粲介子/粲重子
- 轻子味破缺cLFV
- 。 。 。

□ 5 – 7 GeV能区的挑战和机遇:

- 目前实验空白
- 高阶XYZ粒子
- 五夸克态
- 双粲偶素
- 粲重子产生
- 强子碎裂函数
- 。 。 。

STCF上的潜在物理亮点?

物理概念设计报告CDR

- ◆ 多次组织workshop讨论CDR内容
- ◆ 目前已完成第二版

[DRAFT]

Draft Version 2.0

Conceptual Design Report for Super tau-Charm Facility (STCF) at China —Physics Program— STCF Working Group¹

¹University of Science and Technology of China, Hefei 230026, P.R.C

²University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P.R.C

³Institute of High Energy Physics, Beijing 100049, P.R.C

⁴Institute of Theoretical Physics, Beijing 100190, P.R.C

⁵Peking University, Beijing 100871, P.R.C

⁶Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, P.R.C

⁷Institute of Physics, Academia Sinica, Taipei, Taiwan 115, R.C

⁸Nankai University, Tianjin 300071, P.R.C

⁹Nanjing University, Nanjing 210093, P.R.C

¹⁰Wuhan University, Wuhan 430072, P.R.C

¹¹Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, P.R.C

¹²Shandong University, Jinan 250014, P.R.C

¹³Fudan University, Shanghai 200443, P.R.C

¹⁴University of South China, Hengyang 421001, P.R.C

¹⁵Beijing Normal University, Beijing 100875, P.R.C

¹⁶State Key Laboratory of Particle Detection and Electronics, Beijing, 100049, Hefei 230026,

Contents

1	Introduction	3
2	1.1 The STCF project in China	4
3	1.2 The data samples at STCF	6
4	1.3 The experimental uncertainties	6
5	1.4 Physics Potential at STCF	6
6		
7	2 Charmonium and XYZ Physics	12
8	2.1 The XYZ puzzles	12
9	2.2 Limitations of current experiments	12
10	2.3 Opportunities in solving the XYZ puzzles	13
11	2.4 Opportunities in higher charmonium states	16
12	3 Charmed hadron physics	20
13	3.1 Charmed meson	20
14	3.1.1 D_{12} leptonic decays	20
15	3.1.2 D^0 - $\bar{D}^0$ mixing and CP violation	22
16	3.1.3 Rare and forbidden decays	24
17	3.1.4 Charmed meson spectroscopy	24
18	3.2 Charmed baryon	25
19	3.2.1 Hadronic weak decays	25
20	3.2.2 Electromagnetic and weak radiative decays	27
21	3.2.3 CP Violation	27
22	3.2.4 Spectroscopy	28
23	4 Tau Physics	33
24	4.1 Precision Measurement of the τ Properties	33
25	4.1.1 τ mass and lifetime	33
26	4.1.2 Measurement of $a_\tau = (g-2)_\tau/2$	33
27	4.2 The Determination of the SM Parameters	34
28	4.2.1 The universality test	34
29	4.2.2 The Michel parameters	34
30	4.2.3 The strong coupling α_s extraction	34
31	4.2.4 The CKM element V_{us} extraction	34
32	4.3 CP Symmetry Tests	36
33	4.3.1 CP violation in $\tau^- \rightarrow K_S^0 \pi^+ \nu_\tau$	36
34	4.3.2 Measurement of the electric dipole moment of τ	37
35	4.3.3 CPV with polarized beam	37
36	4.4 Flavor Violating τ Decays	37
37	4.4.1 The decay $\tau^- \rightarrow 3l$	38
38	4.4.2 The decays $\tau^- \rightarrow l \gamma$	38
39	4.4.3 The decays $\tau^- \rightarrow l M_1 M_2$	38
40	4.5 Summary	38
41		
42	5 Light Hadron Physics	39
43	5.1 Spectroscopy	39
44	5.2 Precision tests with light hadrons	40
45	5.2.1 η/η' decays	40
46	5.2.2 Hyperon polarization	43

潜在物理亮点

1. QCD and hadronic physics

2. Flavor physics and CP violation

3. New Physics search

November 2019

15 Nov - 16 Nov Workshop of CDR theory for STCF in UCAS 2019

August 2019

04 Aug - 07 Aug Workshop of CDR theory for STCF 2019

June 2019

26 Jun - 27 Jun Workshop of Measurement and Control Technology for Accelerator of Super Tau-Charm Facility

March 2019

23 Mar - 24 Mar Workshop on Physics at STCF at UCAS 2019

March 2018

18 Mar - 21 Mar 2nd international workshop on High Intensity Electron-Positron Accelerator (HIEPA) at China (HIEPA2018)

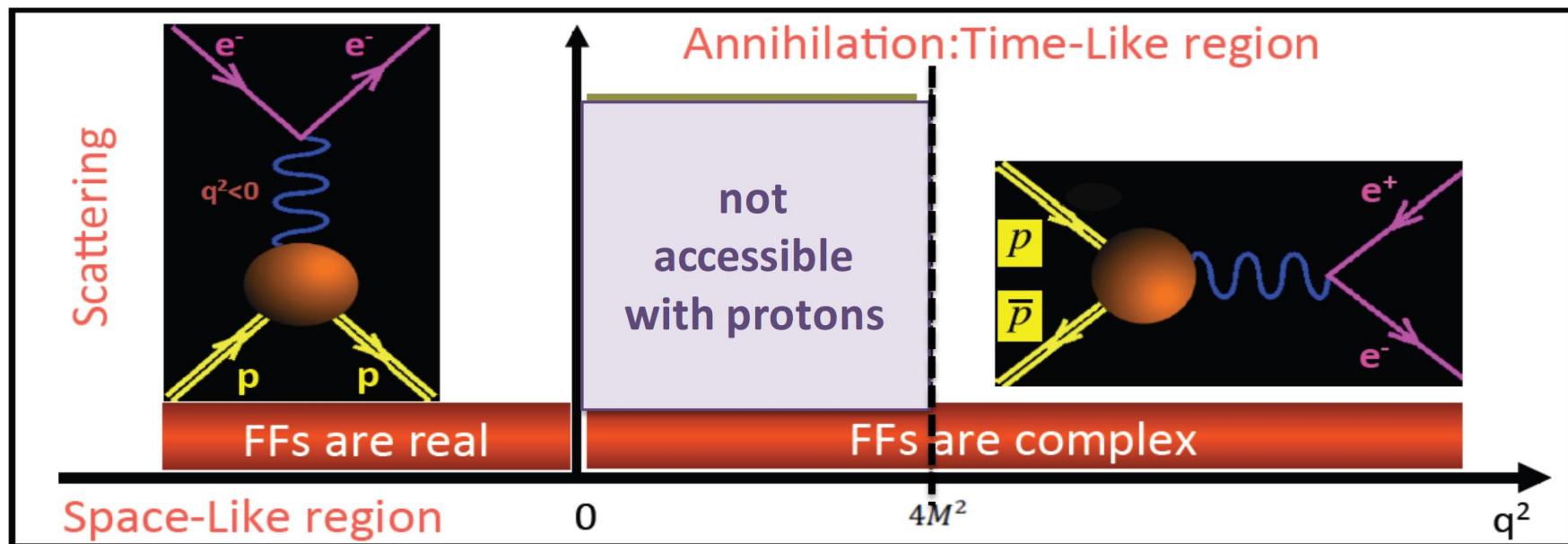
亮点举例：QCD与核子结构

探索核子结构

◆ Deep Inelastic Scattering & e^+e^- are complementary

Crossing symmetry:

$$\langle N(p') | j^\mu | N(p) \rangle \rightarrow \langle \bar{N}(p') N(p) | j^\mu | 0 \rangle$$



$$J^\mu = \langle N(p') | j^\mu | N(p) \rangle = e \bar{u}(p') \left[\gamma^\mu F_1(q^2) + \frac{i \sigma^{\mu\nu} q_\nu}{2M} F_2(q^2) \right] u(p)$$

Fermi & Dirac form factors

$e^+e^- \rightarrow p\bar{p}, n\bar{n}, \Lambda\bar{\Lambda}$ threshold

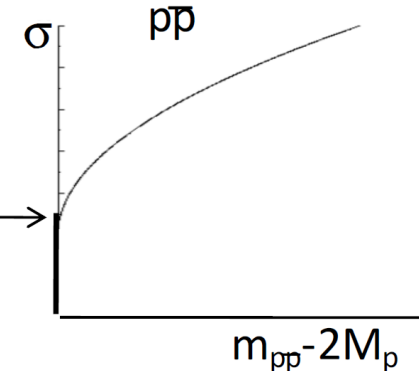
Integrated cross section:

$$\sigma_{p\bar{p}} = \frac{4\pi\alpha^2 \beta C}{3m^2} \left| G_{eff}(m_{e\bar{e}}) \right|^2 \left(1 + 1/2\tau \right)$$

$$\text{for } p\bar{p}: C = \frac{\pi\alpha / \beta}{1 - \exp(-\pi\alpha / \beta)} \rightarrow \frac{\pi\alpha}{\beta}$$

Sommerfeld resummation factor

in point-like approx:

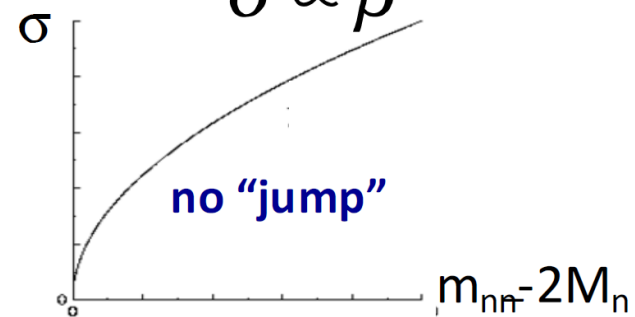
$$\begin{aligned} \sigma_0 &= \frac{\pi^2 \alpha^3}{2M_p^2} \left| G_{eff}(2M_p) \right|^2 \\ &\approx 0.85 \text{nb} \left| G_{eff}(2M_p) \right|^2 \end{aligned}$$


$m_{p\bar{p}} - 2M_p$

for $n\bar{n}$ ($\Lambda\bar{\Lambda}$): $C=1$

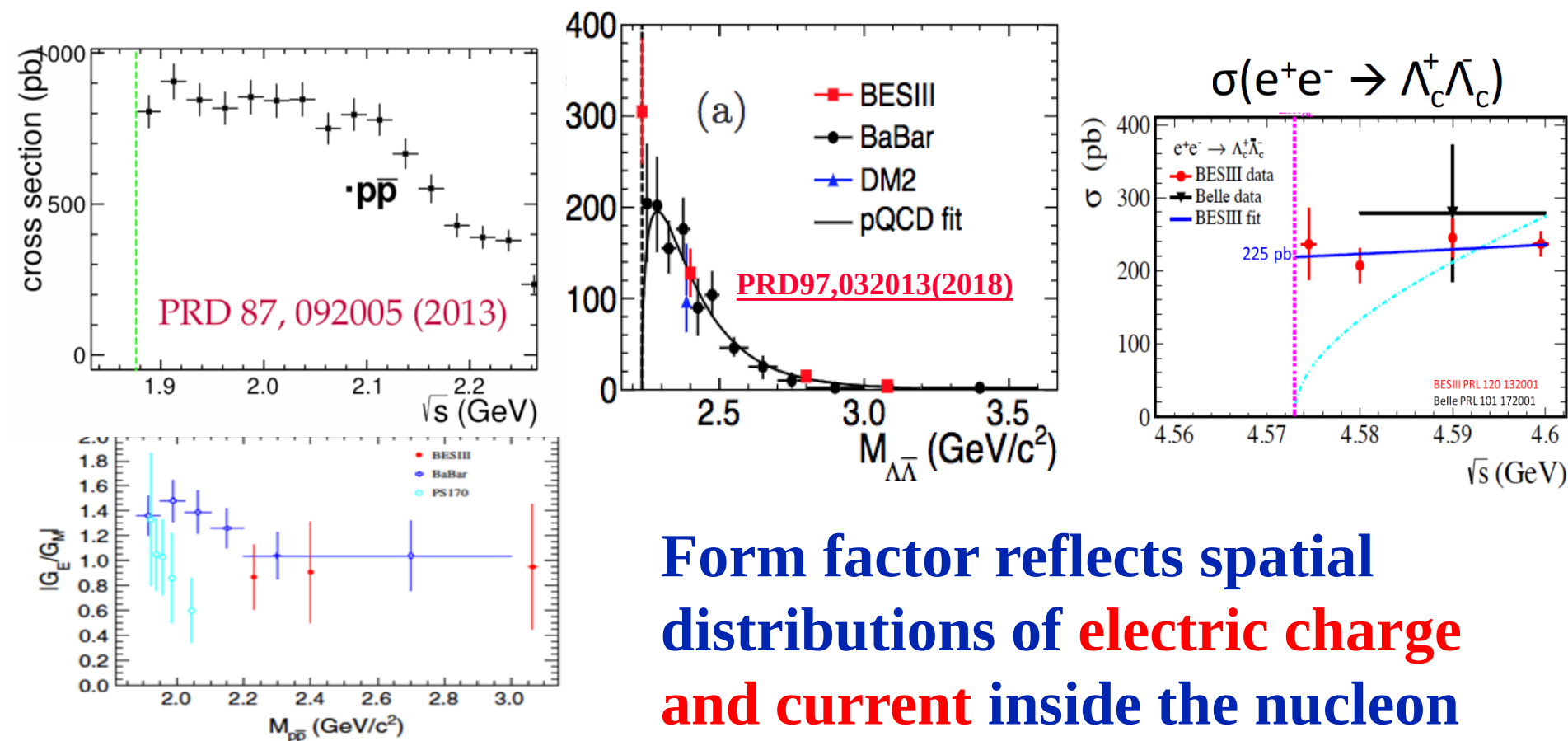
$\sigma \propto \beta$

no "jump"



$m_{n\bar{n}} - 2M_n$

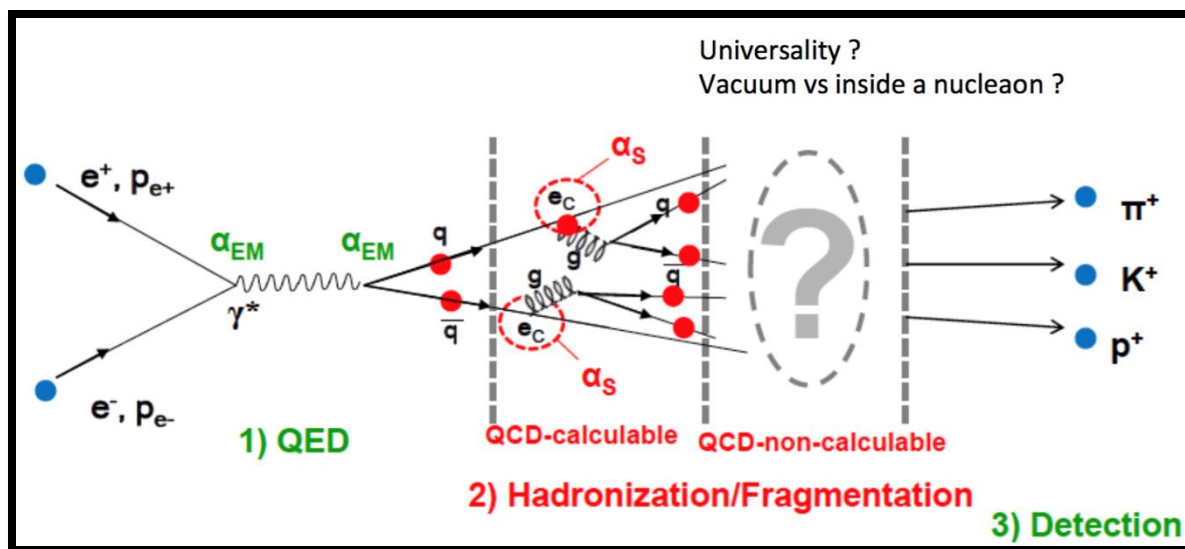
The threshold production of baryon pair



Form factor reflects spatial distributions of **electric charge** and **current** inside the nucleon

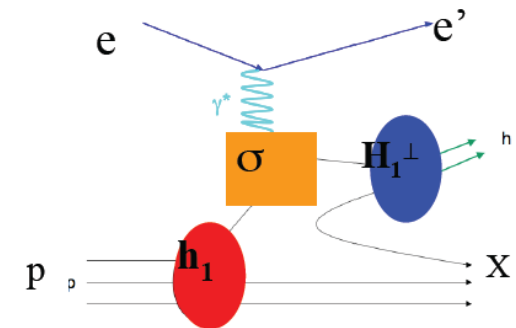
STCF: 100× more statistics will much enhance the understandings of these 'unexpected' threshold enhancement! (Study $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}, n\bar{n}, \Lambda\bar{\Lambda}, \Sigma\bar{\Sigma}, \Xi\bar{\Xi}, \Omega\bar{\Omega}, \Lambda_c\bar{\Lambda}_c, \Sigma_c\bar{\Sigma}_c, \Xi_c\bar{\Xi}_c, \Omega_c\bar{\Omega}_c \dots$ @threshold)

极化依赖的Collins碎裂函数测量



SIDIS

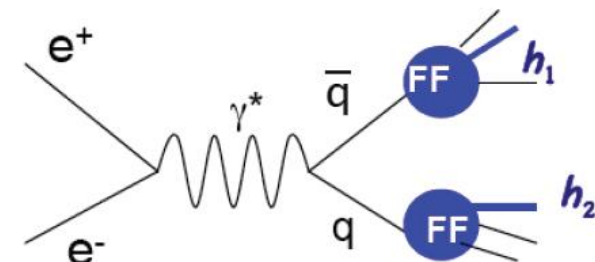
Transversity $\otimes$ Collins FF



J. C. Collins, Nucl.Phys. B396, 161 (1993)

$e^+ e^-$

Collins FF $\otimes$ Collins FF

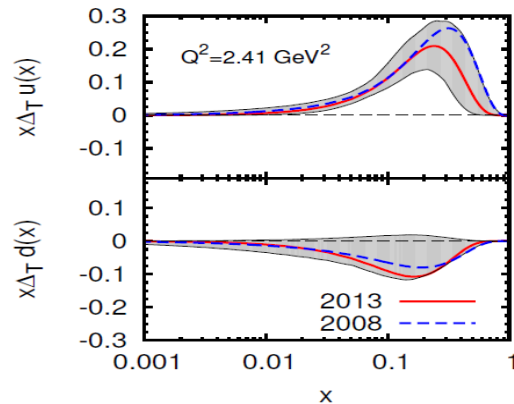


Global Analysis on Collins FF

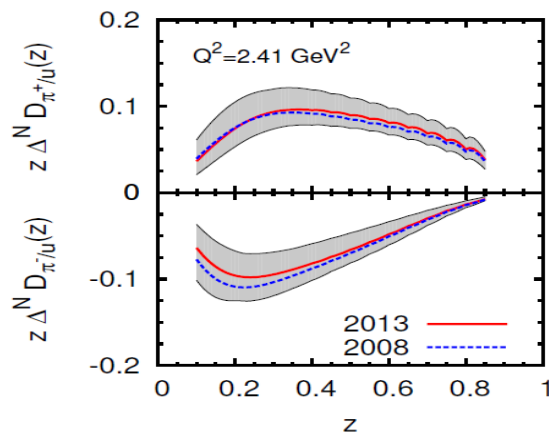
Anselmino et al., PRD 87, 094019 (2013)

Using data from HERMES, COMPASS, Belle

Transversity



Collins pion

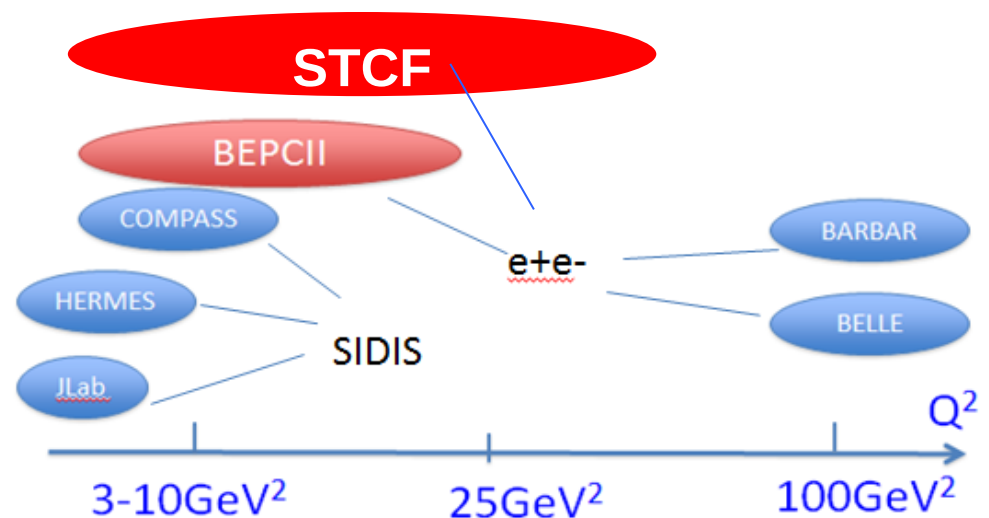


◆ The Q^2 evolution of Collins FFs was assumed following the extrapolation in the unpolarized FF, and this has not been validated.

◆ Low Q^2 data from e^+e^- collider is useful.

◆ BEPCII / STCF

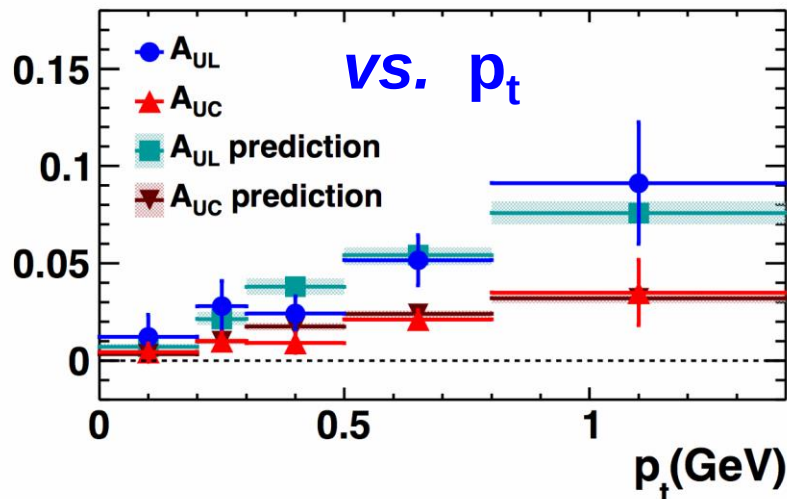
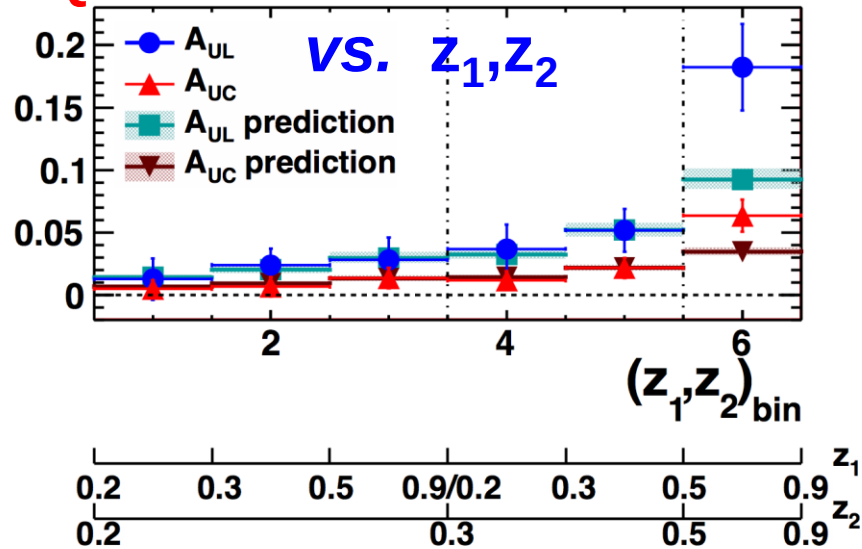
◆ Similar Q^2 coverage with SIDIS in EicC



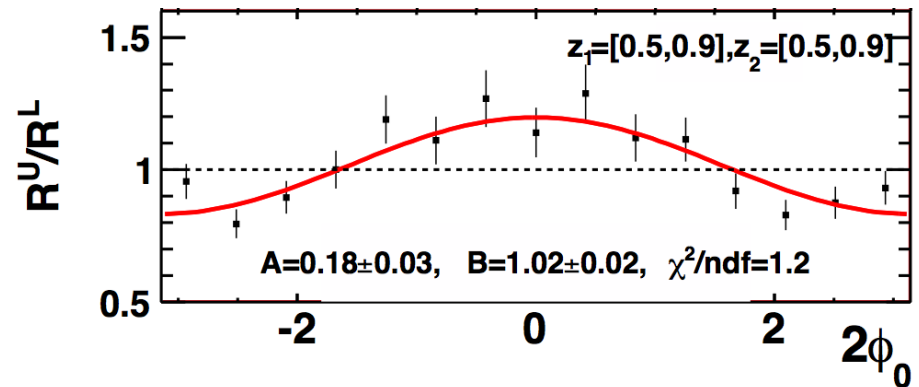
Collins effect at BESIII

PRL 116, 042001 (2016)

First time measurement in Low $Q^2 \sim 13 \text{ GeV}^2$ at e^+e^- collision



A_{UL} , A_{UC} enote asymmetries for UL and UC ratios, respectively



◆ $\sim 62 \text{ pb}^{-1}$ @ 3.65 GeV

◆ Continuum region

◆ Nonzero Collins effect at BESIII

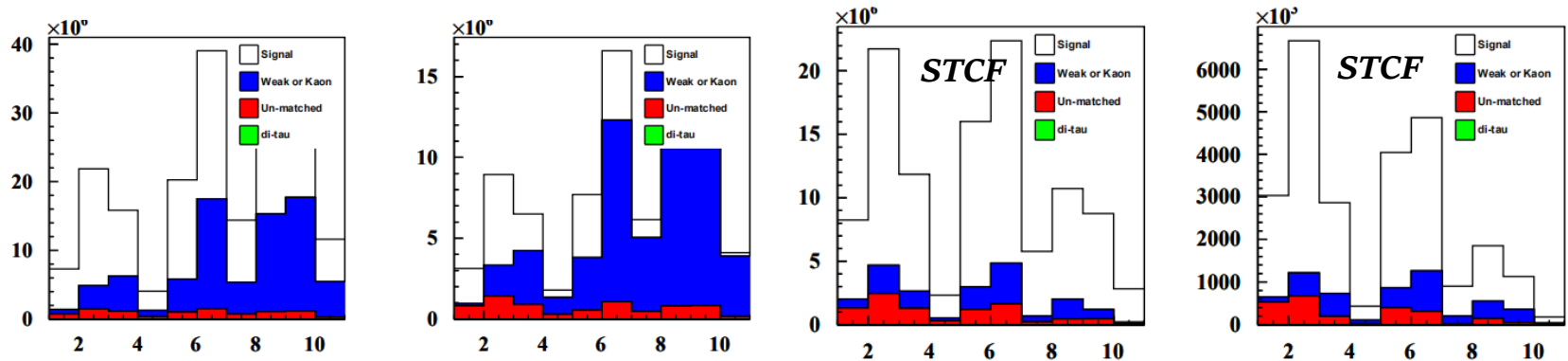
◆ Basically consistent with predictions from PRD 88. 034016 (2013) .

◆ important inputs for understanding the spin structure of the nucleon

◆ valuable to explore the energy evolution of the spin-dependent fragmentation function.

Collins FF at STCF

- ❑ STCF is a perfect machine for studying Collins effect
- ❑ Poor performance for the traditional de/dx & TOF PID system for tracks $> 0.8\text{GeV}$
- ❑ This measurement suffer from systematic uncertain from $K - \pi$ mis-PID.
- ❑ The mis-PID is even worse in the case of KK Collins measurement.
- ❑ With 2.5 fb^{-1} 7GeV $q\bar{q}$ MC ($\sigma \approx 5\text{nb}$ LundArlw), we study Collins effect at STCF.



Blue: $\pi - K$ mis-PID in KK Collins measurement.

Left) de/dx&TOF. Right) a 1% mis-PID set in FastSim

- ❑ By setting the $K - \pi$ mis-PID at 1%, we obtain:
 - The statistical uncertainty for 25fb^{-1} MC is $\sim 10^{-3}$ to 10^{-2}
 - The statistical uncertainty for 1ab^{-1} MC is $\sim 10^{-4}$ to 10^{-3}

模拟结果：测量精度满足EicC的需求

亮点举例：重子的CP破缺

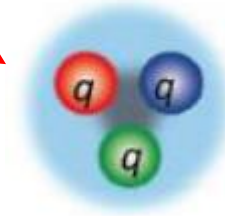
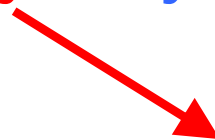
CPV in K, B **meson** system $\Rightarrow$ 1980, 2008 Nobel Prize

2019.03: CPV in D **meson** system observed!

What about CPV in **baryon** system?



Meson



Baryon

重子衰变中的CPV

- ◆ In 1958, Okubo: CPV in hyperon-antihyperon allows $\Rightarrow$ “Okubo effect”(Direct CPV) **Phys. Rev. 109, 984 (1958).**
- ◆ In 1959, Pais: extended Okubo’s proposal to asymmetry parameters in Λ and $\bar{\Lambda}$ decays. **Phys. Rev. Lett. 3, 242 (1959).**
- ◆ In the ’80s, a number of calculations were made. CKM predictions, **CPV in Λ : $10^{-4} \sim 10^{-5}$**
- ◆ One example: **Phys. Rev. D34, 833 (1986).**

PHYSICAL REVIEW D

VOLUME 34, NUMBER 3

1 AUGUST 1986

Hyperon decays and CP nonconservation

John F. Donoghue

Department of Physics and Astronomy, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts 01003

Xiao-Gang He and Sandip Pakvasa

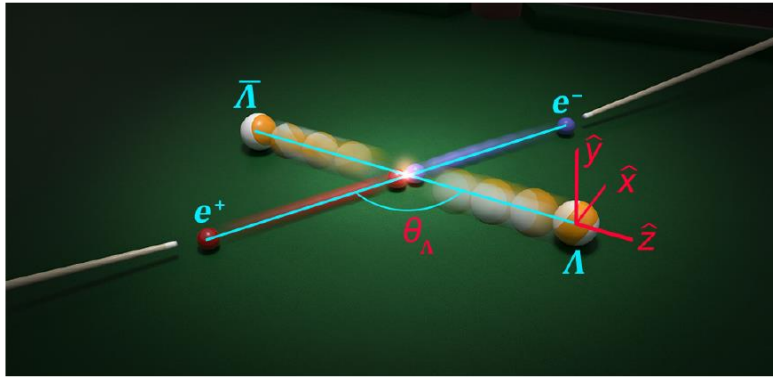
Department of Physics and Astronomy, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii 96822

(Received 7 March 1986)

We study all modes of hyperon nonleptonic decay and consider the CP -odd observables which result. Explicit calculations are provided in the Kobayashi-Maskawa, Weinberg-Higgs, and left-right-symmetric models of CP nonconservation.

STCF: $e^+e^- \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}, \Sigma\bar{\Sigma}, \Xi\bar{\Xi}, \Omega\bar{\Omega}, \Lambda_c\bar{\Lambda}_c, \Sigma_c\bar{\Sigma}_c, \Xi_c\bar{\Xi}_c, \Omega_c\bar{\Omega}_c$ @threshold or resonance

Spin polarization of Λ in $J/\psi \rightarrow \Lambda \bar{\Lambda}$



BESIII

Nature Physics

15,631-634 2019

arXiv:1808.08917

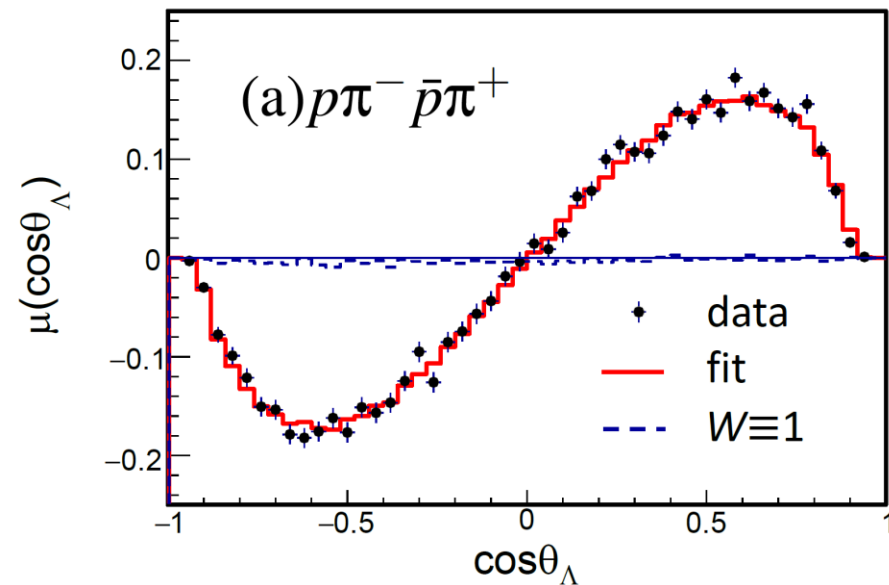
1.31 billion J/ψ events

Quantum correlation in Λ pair

Parameters	This work	Previous results
α_ψ	$0.461 \pm 0.006 \pm 0.007$	0.469 ± 0.027 ¹⁴
$\Delta\Phi$	$(42.4 \pm 0.6 \pm 0.5)^\circ$	—
α_-	$0.750 \pm 0.009 \pm 0.004$	0.642 ± 0.013 ¹⁶
α_+	$-0.758 \pm 0.010 \pm 0.007$	-0.71 ± 0.08 ¹⁶
$\bar{\alpha}_0$	$-0.692 \pm 0.016 \pm 0.006$	—
A_{CP}	$-0.006 \pm 0.012 \pm 0.007$	0.006 ± 0.021 ¹⁶
$\bar{\alpha}_0/\alpha_+$	$0.913 \pm 0.028 \pm 0.012$	—

CP test

$$A_{CP} = \frac{\alpha_- + \alpha_+}{\alpha_- - \alpha_+}$$



A_{CP} Sensitivities in STCF

◆ 3.4 trillion J/ψ events $\Rightarrow \Delta A_{CP} \sim 10^{-4}$

- ◆ One year data taking
- ◆ Luminosity optimized at J/ψ resonance
- ◆ Luminosity of STCF: $\times 100$
- ◆ 1 year data taking
- ◆ No polarization beams are needed

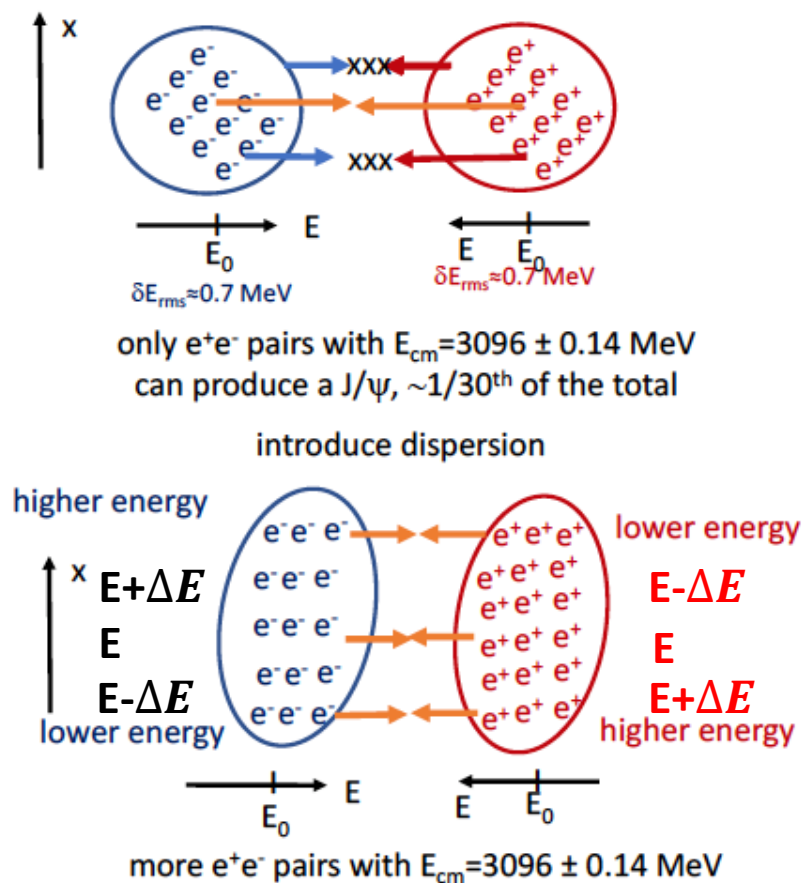
◆ Challenge: Systematics control

◆ Full simulation results are necessary!

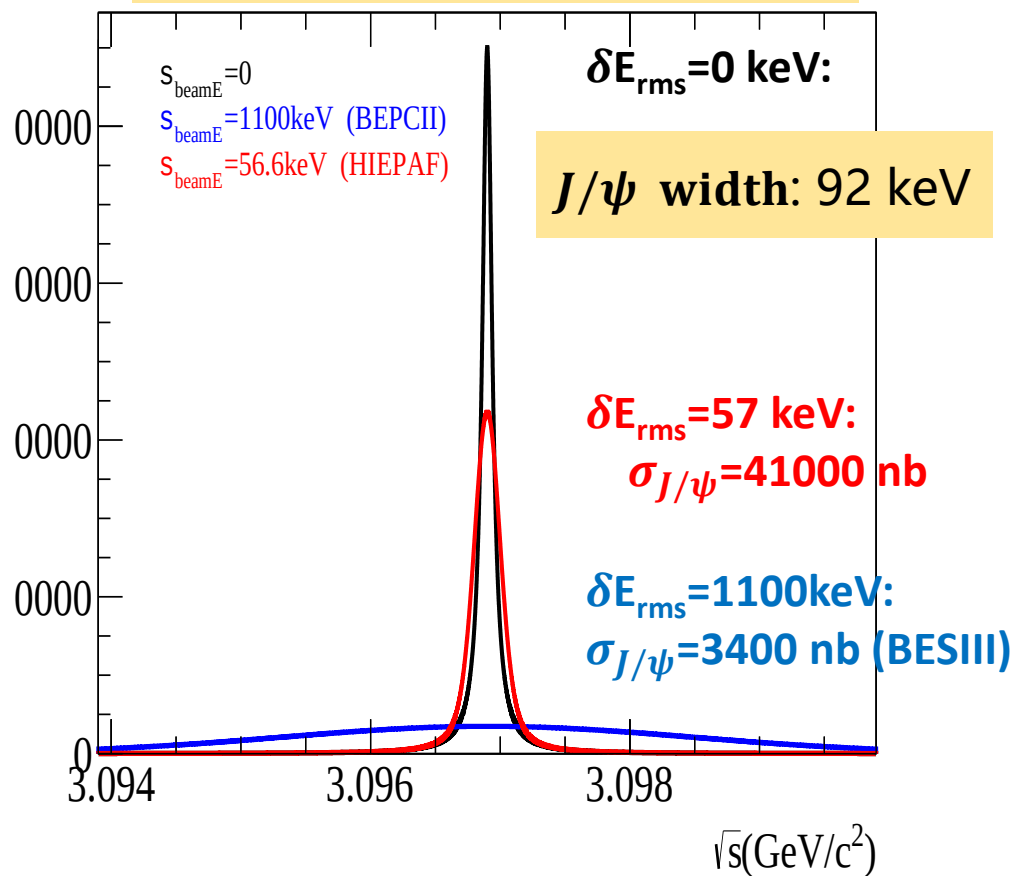
◆ Beam energy trick $\Rightarrow$ Monochromatic collision (small beam energy spread) $\Rightarrow J/\psi$ cross-section: $\times 10 \Rightarrow$

$$\Delta A_{CP} \sim 10^{-5} ?$$

挑战单色对撞



J/ψ production cross-section

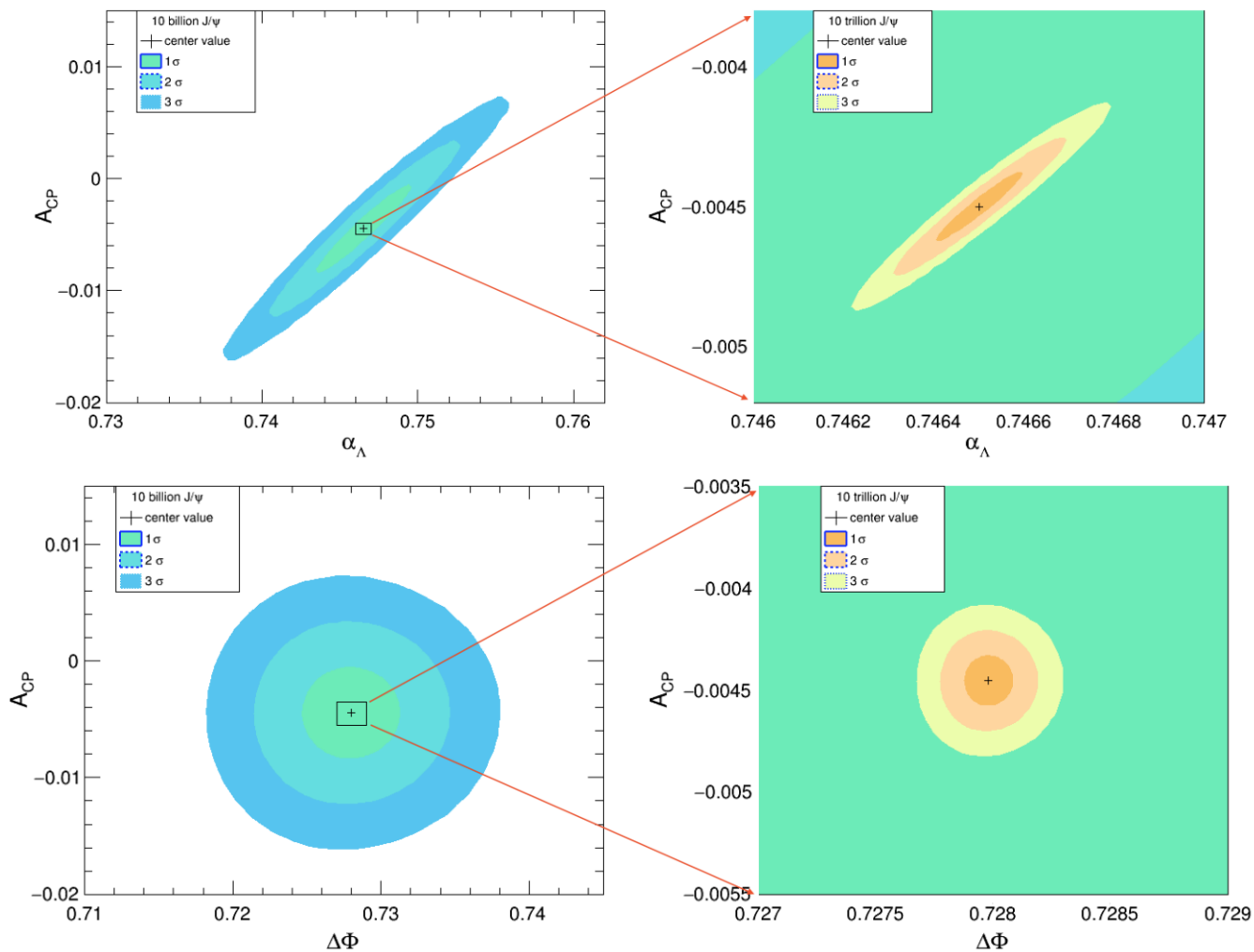


Alexander Zholents CERN SL/92-27/AP

Xiaoshuai Qin

在保证高亮度对撞的条件下实现单色对撞，非常具有挑战性！

CPV in Hyperon Decays

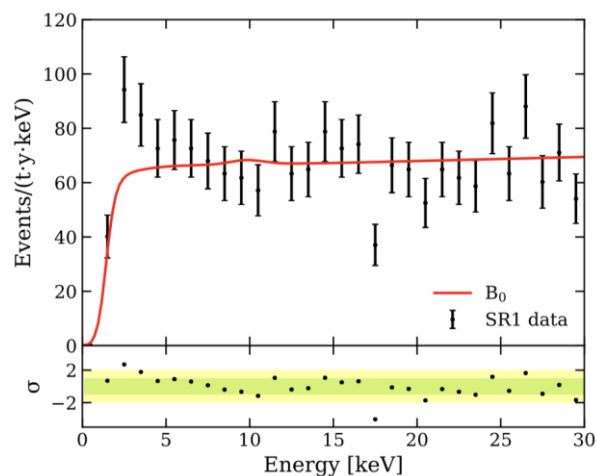


$$A_{CP} = ?? \pm 0.012 \pm 0.007$$

BESIII: 1.3 billion result

亮点举例：低质量类轴子寻找

XENON1T
arXiv: 2006.09721



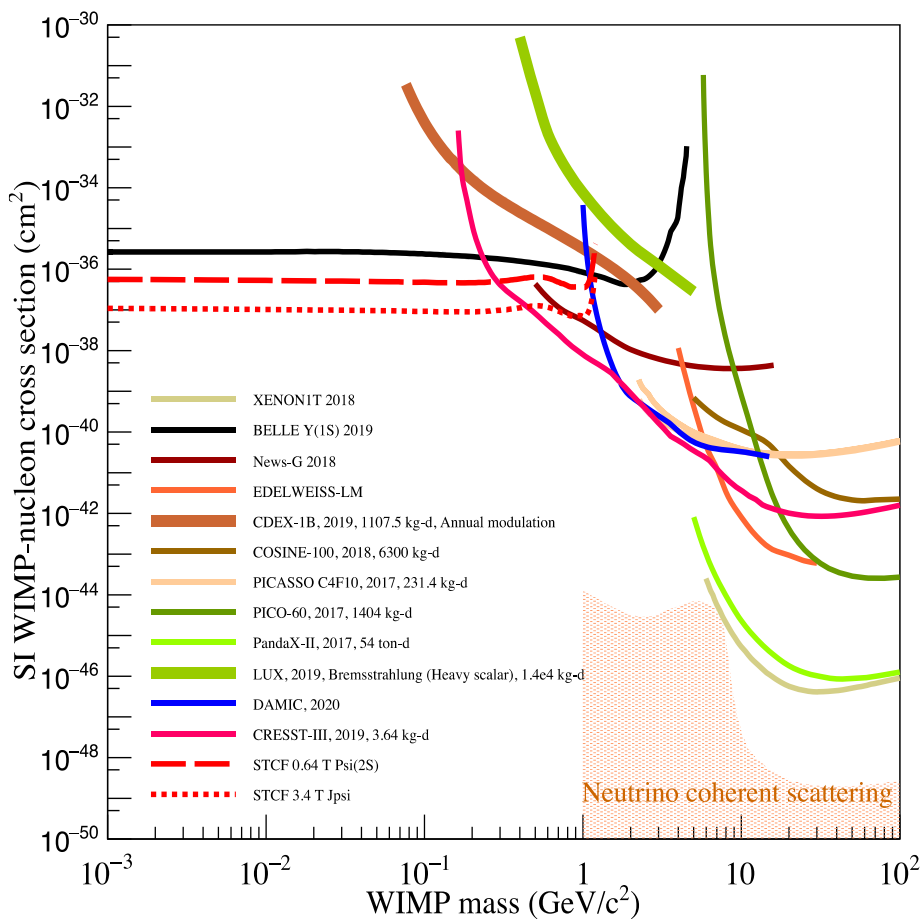
低能区超出 $\Rightarrow$ 搜寻轴子的新一轮热点

低能区暗物质粒子搜寻现状

- ◆ 对撞机实验：大统计量实验（由标准模型粒子生成暗物质粒子）
- ◆ 低能区对撞机实验
 - ◆ 对象：低质量暗物质候选粒子(类轴子)
 - ◆ 正负电子对撞 $\Rightarrow$ 丰富的运动学约束 $\Rightarrow$ 寻找invisible衰变
 - ◆ 优势：统计量大、本底极低
 - ◆ 其他几类实验的必要补充

	分支比上限 (90% CL)	实验组
$\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma + \text{invisible}$	$< 10^{-4} \sim 10^{-7}$	BaBar ^[PRL107, 021804 (2011)]
$\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma + \text{invisible}$	$< 10^{-4} \sim 10^{-7}$	Belle ^[PRL122, 011801 (2019)]
$J/\psi \rightarrow \gamma + \text{invisible}$	$< 7.0 \times 10^{-7}$	BESIII ^[PRD101, 112005 (2020)]
$J/\psi \rightarrow \text{invisible}$	$< 7.2 \times 10^{-4}$	BES ^[PRL100, 192001 (2008)]
$\phi \rightarrow \text{invisible}$	$< 1.7 \times 10^{-4}$	BESIII ^[PRD98, 032001 (2018)]
$\omega \rightarrow \text{invisible}$	$< 7.3 \times 10^{-5}$	BESIII ^[PRD98, 032001 (2018)]
$\eta' \rightarrow \text{invisible}$	$< 5.2 \times 10^{-4}$	BESIII ^[PRD87, 012009 (2013)]
$\eta \rightarrow \text{invisible}$	$< 1.0 \times 10^{-4}$	BESIII ^[PRD87, 012009 (2013)]
$B^0 \rightarrow \text{invisible}$	$< 2.4 \times 10^{-5}$	BaBar ^[PRD86, 051105 (2012)]

WIMP与普通物质相互作用截面(SI)



◆ STCF的排除限（由分支比测量上限导出）

◆ 3.4 trillion $J/\psi \rightarrow \gamma A^0 \rightarrow \gamma \chi \chi$

◆ 0.64 trillion $\psi(2S) \rightarrow \pi \pi J/\psi, J/\psi \rightarrow \gamma A^0 \rightarrow \gamma \chi \chi$

◆ 估算基于BESIII在2020年发表的PRD101, 112005的结果，其过程为 $\psi(2S) \rightarrow \pi \pi J/\psi, J/\psi \rightarrow \gamma A^0 \rightarrow \gamma \chi \chi$ ；

◆ Belle的数据来自PRL122, 011801，通过软件从该文的Fig.3上面抠出来的；

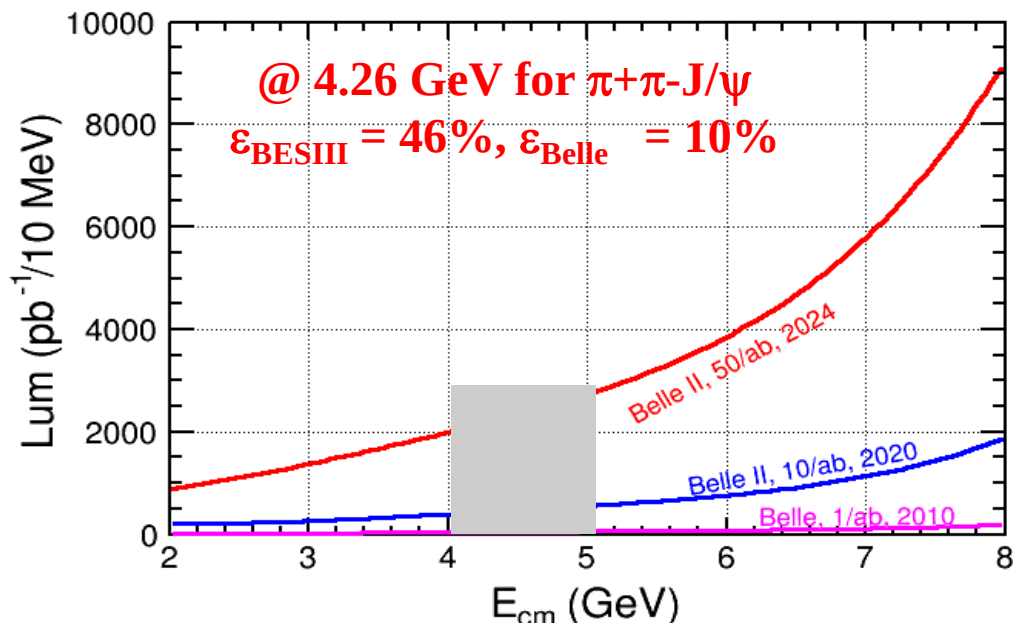
◆ 其他实验的数据来自SLAC网站
(<https://supercdms.slac.stanford.edu>) 上下载的

Dark_Matter_limit_plotter.cdf文件；

注：粗略估算，只有数量级的意义

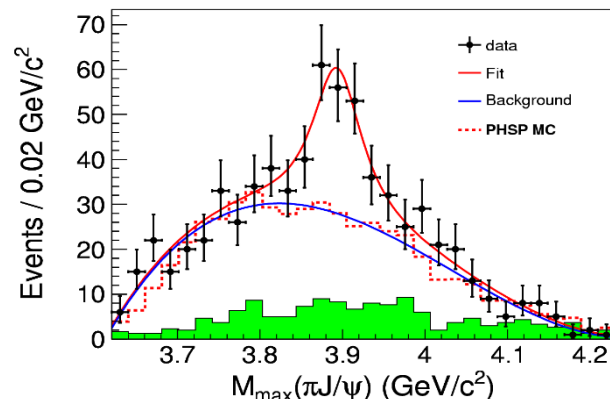
Minggang Zhao

STCF上的类粲偶素谱

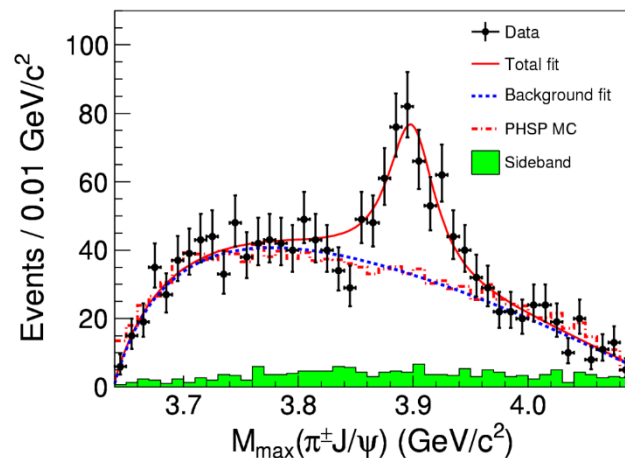


- **B factory** : Total integrate effective luminosity between 4-5 GeV is **0.23 ab^{-1} for 50 ab^{-1} data**
- **τ -C factory** : scan in 4-5 GeV, 10 MeV/step, every point have **$10 \text{ fb}^{-1}/\text{year}$, 5 time** of Belle II for 50 ab^{-1} data
- **τ -C factory** have **much higher efficiency and low background** than B Factory

Belle with ISR: PRL110, 252002
967 fb-1 in 10 years running time



BESIII at 4.260 GeV: PRL110, 252001
0.525 fb-1 in one month running time



STCF 上的粲强子研究

- ❑ CLEOc: USD 99M, 对撞质心系由B能区降到陶粲能区, 专门研究粲强子物理 $\Rightarrow$ 非微扰QCD + 新物理寻找
- ❑ LHCb: huge x-sec, boost, 9fb^{-1} now (x40 current B factories)
- ❑ B-factories (Belle(-II), BaBar): more kinematic constraints, clean environment, $\sim 100\%$ trigger efficiency
- ❑ τ -charm factory : Low backgrounds and high efficiency, Quantum correlations and CP-tagging are unique
- ❑ STCF :
 - 4×10^9 pairs of $D^{\pm,0}$ and $10^8 D_s$ pairs per year
 - 10^{10} charm from Belle II/year
 - Highlighted Physics programs
 - Precise measurement of (semi-)leptonic decay (fD , fD_s , CKM matrix...)
 - $D^0 - \bar{D}^0$ mixing, CPV
 - Rear decay (FCNC, LFV, LNV....)
 - Excite charm meson states DJ , D_sJ (mass, width, JPC, decay modes)
 - Charmed baryons (J^{PC} , Decay modes, absolute BF)
 - Light meson and hyperon spectroscopy studied in charmed hadron decays

BESIII 上 Λ_c 测量: 刷新粒子手册

PDG2014

PDG2019

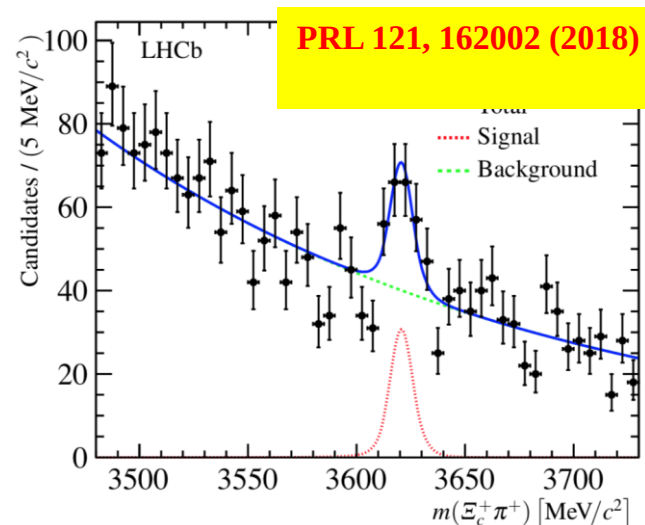
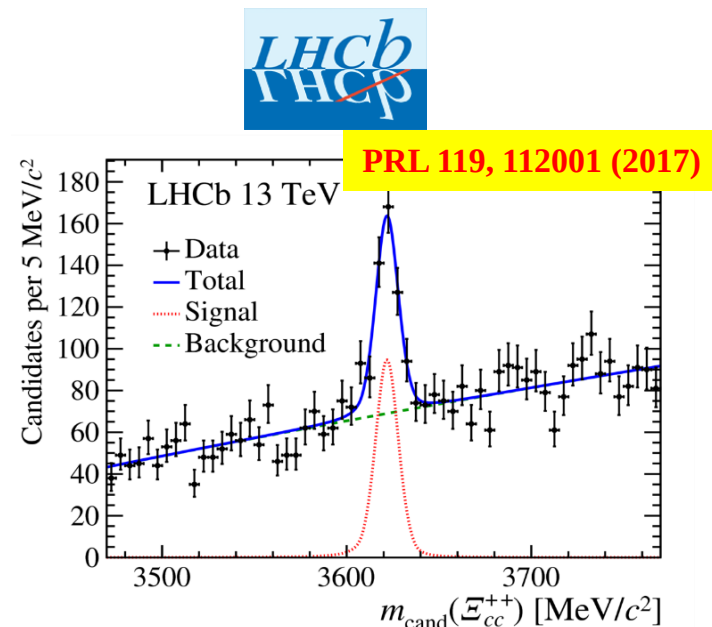
$\Gamma(p\bar{K}^0\pi^0)/\Gamma(pK^-\pi^+)$					Γ_7/Γ_2
VALUE	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
$0.66 \pm 0.05 \pm 0.07$	774	ALAM	98 CLE2	$e^+e^- \approx \Upsilon(4S)$	
$\Gamma(p\bar{K}^0\eta)/\Gamma(pK^-\pi^+)$					Γ_8/Γ_2
Unseen decay modes of the η are included.					
VALUE	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
$0.25 \pm 0.04 \pm 0.04$	57	AMMAR	95 CLE2	$e^+e^- \approx \Upsilon(4S)$	
$\Gamma(p\bar{K}^0\pi^+\pi^-)/\Gamma(pK^-\pi^+)$					Γ_9/Γ_2
VALUE	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
0.51 ± 0.06 OUR AVERAGE					
$0.52 \pm 0.04 \pm 0.05$	985	ALAM	98 CLE2	$e^+e^- \approx \Upsilon(4S)$	
$0.43 \pm 0.12 \pm 0.04$	83	AVERY	91 CLEO	e^+e^- 10.5 GeV	
$0.98 \pm 0.36 \pm 0.08$	12	BARLAG	90D NA32	π^- 230 GeV	
$\Gamma(pK^-\pi^+\pi^0)/\Gamma(pK^-\pi^+)$					Γ_{10}/Γ_2
VALUE	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
$0.67 \pm 0.04 \pm 0.11$	2606	ALAM	98 CLE2	$e^+e^- \approx \Upsilon(4S)$	
$\Gamma(pK^*(892)^-\pi^+)/\Gamma(p\bar{K}^0\pi^+\pi^-)$					Γ_{11}/Γ_9
Unseen decay modes of the $K^*(892)^-$ are included.					
VALUE	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
0.44 ± 0.14	17	ALEEV	94 BIS2	nN 20-70 GeV	
$\Gamma(p(K^-\pi^+)_{\text{nonresonant}}\pi^0)/\Gamma(pK^-\pi^+)$					Γ_{12}/Γ_2
VALUE	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
$0.73 \pm 0.12 \pm 0.05$	67	BOZEK	93 NA32	π^- Cu 230 GeV	

$\Gamma(pK_S^0\pi^0)/\Gamma_{\text{total}}$					Γ_7/Γ
VALUE (%)	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
1.96 ± 0.13 OUR FIT	Error includes scale factor of 1.1				
$1.87 \pm 0.13 \pm 0.05$	558	ABLIKIM	16 BES3	$e^+e^- \rightarrow \Lambda_c \bar{\Lambda}_c$, 4.599 GeV	
$\Gamma(pK_S^0\pi^0)/\Gamma(pK^-\pi^+)$					Γ_7/Γ_2
Measurements given as a $\bar{K}^0$ ratio have been divided by 2 to convert to a K_S^0 ratio.					
VALUE	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
0.314 ± 0.018 OUR FIT					
$0.33 \pm 0.03 \pm 0.04$	774	ALAM	98 CLE2	$e^+e^- \approx \Upsilon(4S)$	
$\Gamma(nK_S^0\pi^+)/\Gamma_{\text{total}}$					Γ_8/Γ
VALUE (%)	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
$1.82 \pm 0.23 \pm 0.11$	83	ABLIKIM	17H BES3	e^+e^- at 4.6 GeV	
$\Gamma(p\bar{K}^0\eta)/\Gamma(pK^-\pi^+)$					Γ_9/Γ_2
Unseen decay modes of the η are included.					
VALUE	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
$0.25 \pm 0.04 \pm 0.04$	57	AMMAR	95 CLE2	$e^+e^- \approx \Upsilon(4S)$	
$\Gamma(pK_S^0\pi^+\pi^-)/\Gamma_{\text{total}}$					Γ_{10}/Γ
VALUE (%)	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
1.59 ± 0.12 OUR FIT	Error includes scale factor of 1.2				
$1.53 \pm 0.11 \pm 0.09$	485	ABLIKIM	16 BES3	$e^+e^- \rightarrow \Lambda_c \bar{\Lambda}_c$, 4.599 GeV	
$\Gamma(pK_S^0\pi^+\pi^-)/\Gamma(pK^-\pi^+)$					Γ_{10}/Γ_2
Measurements given as a $\bar{K}^0$ ratio have been divided by 2 to convert to a K_S^0 ratio.					
VALUE	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
0.255 ± 0.015 OUR FIT	Error includes scale factor of 1.1.				
0.257 ± 0.031 OUR AVERAGE					
$0.26 \pm 0.02 \pm 0.03$	985	ALAM	98 CLE2	$e^+e^- \approx \Upsilon(4S)$	
$0.22 \pm 0.06 \pm 0.02$	83	AVERY	91 CLEO	e^+e^- 10.5 GeV	
$0.49 \pm 0.18 \pm 0.04$	12	BARLAG	90D NA32	π^- 230 GeV	
$\Gamma(pK^-\pi^+\pi^0)/\Gamma_{\text{total}}$					Γ_{11}/Γ
VALUE (%)	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	
4.42 ± 0.31 OUR FIT	Error includes scale factor of 1.5				
$4.53 \pm 0.23 \pm 0.30$	1849	ABLIKIM	16 BES3	$e^+e^- \rightarrow \Lambda_c \bar{\Lambda}_c$, 4.599 GeV	
$\Gamma(pK^-\pi^+\pi^0)/\Gamma(pK^-\pi^+)$					Γ_{11}/Γ_2
VALUE	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT	

- ◆ BESIII的贡献使得多数分支比结果由相对测量改为绝对测量。
- ◆ BESIII对黄金道 $\Lambda_c^+ \rightarrow pK\pi$ 的测量 $\Rightarrow$ “模型依赖”变为“模型无关”。
- ◆ BESIII贡献发现了更多以前没发现的衰变道(比如含中子末态的衰变)。

Contributions to Ξ_{cc}^{++} observation

- ◆ LHCb observed Ξ_{cc}^{++} from $\Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Lambda_c^+ K^- \pi^+ \pi^+$ and $\Xi_c^+ \pi^+$ decays
- ◆ Credits from theorists
 - ◆ $\tau(\Xi_{cc}^{++}) \approx 3 \tau(\Xi_{cc}^+)$ (Chang, Li, Wang, Karliner, et al.)
 - ◆ “Discovery channels of $\Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Lambda_c^+ K^- \pi^+ \pi^+$ and $\Xi_c^+ \pi^+$ was predicted benefited from BESIII Λ_c^+ measurements” (Fu-Sheng Yu, et al, '17)



A theoretical Framework for Charmed Hadrons

- ◆ Topological diagrams + Symmetries + Experimental inputs $\Rightarrow$ to understand the decaying dynamics, predicting double-charm baryon decays, CPV, etc. (**predictive power**)

- ◆ Λ_c^+ branching fractions used for global analysis
 $\Rightarrow \Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Lambda_c^+ K^- \pi^+ \pi^+$ and $\Xi_c^+ \pi^+$ are large enough for observation.



$$\text{◆ } Br(\Lambda_c^+ \rightarrow p\phi)/|V_{us}|^2 = 2\% \quad \rightarrow \quad \text{◆ } Br(\Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Sigma_c^{++} \bar{K}^{*0}) = O(\%)$$

$$\text{◆ } \Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^+ K^- \pi^+$$

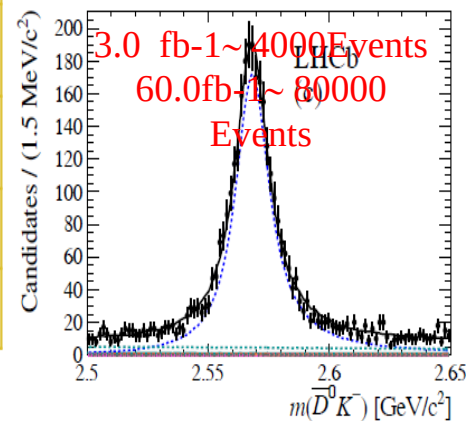
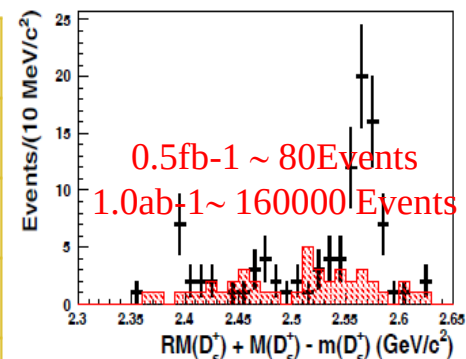
◆ Large enough for observation

- ◆ Λ_c^+ BFs from BESIII $\Rightarrow$ Stronger predictive power

STCF 上的粲强子研究

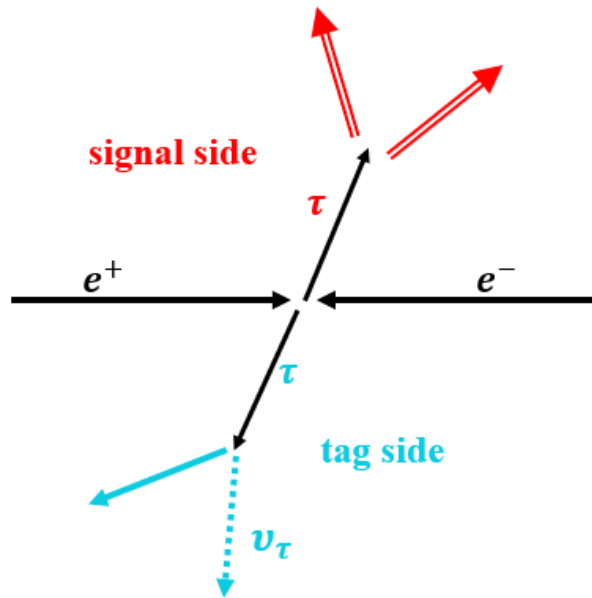
STCF: $e^+e^- \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}, \Sigma\bar{\Sigma}, \Xi\bar{\Xi}, \Omega\bar{\Omega}, \Lambda_c\bar{\Lambda}_c, \Sigma_c\bar{\Sigma}_c, \Xi_c\bar{\Xi}_c, \Omega_c\bar{\Omega}_c$ @threshold or resonance

	STCF	Belle(-II)	LHCb
Production yields	★ ★	★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★ ★
Background level	★ ★ ★ ★ ★	★ ★	★ ★
Systematic error	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★	★ ★
Completeness	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★	★
(Semi)-Leptonic mode	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★	★
Neutron/ K_L mode	★ ★ ★ ★ ★	★ ★	☆
Photon-involved	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★ ★	☆
Absolute measurement	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★	☆



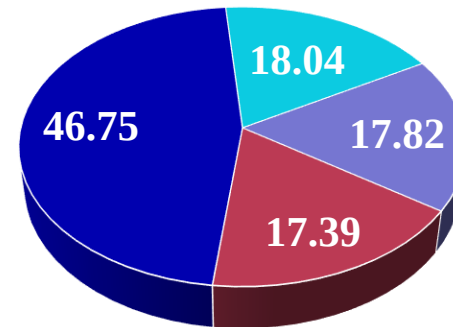
- Most are **precision** measurements, which are mostly dominant by the **systematic** uncertainty
- STCF has **overall advantages** in several studies

LFV: Studies of τ decays at STCF



- Precisely known kinematics of initial state
- Full reconstruction of signal side
- Neutrino in tag side is missing

■ electronic ■ muonic ■ pionic 1-prong ■ others



Channel 1:

signal side $\tau \rightarrow \gamma\mu$

tag side $\tau \rightarrow e\nu\bar{\nu}, \pi\nu, \pi\nu\pi^0$ (total branching fraction $\approx 54\%$)

$$\text{STCF: } \mathcal{B}_{UL}^{90}(\tau \rightarrow \gamma\mu) < \frac{N_{UL}^{90}}{2\varepsilon N_{\tau\tau}} \sim 2.0 \times 10^{-8}$$

Channel 2:

signal side $\tau \rightarrow lll$ ($e^+e^-e^-, \mu^+\mu^-\mu^-, e^+e^-\mu^-, \mu^+\mu^-e^-, \mu^+e^-e^-, e^+\mu^-\mu^-$)

tag side $\tau \rightarrow e\nu\bar{\nu}, \mu\nu\bar{\nu}, \pi\nu + n\pi^0$ (total branching fraction $\approx 82\%$)

$$\text{STCF: } \mathcal{B}_{UL}^{90}(\tau \rightarrow 3l) < \frac{N_{UL}^{90}}{2\varepsilon N_{\tau\tau}} \sim 1.4 \times 10^{-9}$$

项目推动的策略和路线图，经费和加速器、探测器预研进展情况？

STCF项目形成



国家实验室，主要研究方向
束流物理与加速器技术。



我国唯一以研究核探测技术与
核电子学的**国家重点实验室**。

组织协调平台

1. 基本粒子与相互作用
协同创新中心（筹）
2. 粒子科学与技术研究
中心

从2013年起，受中国高能物理学会委托，中国科学技术大学**牵头组织**
国内外的研究单位开展**可行性研究**和**概念性设计**工作。

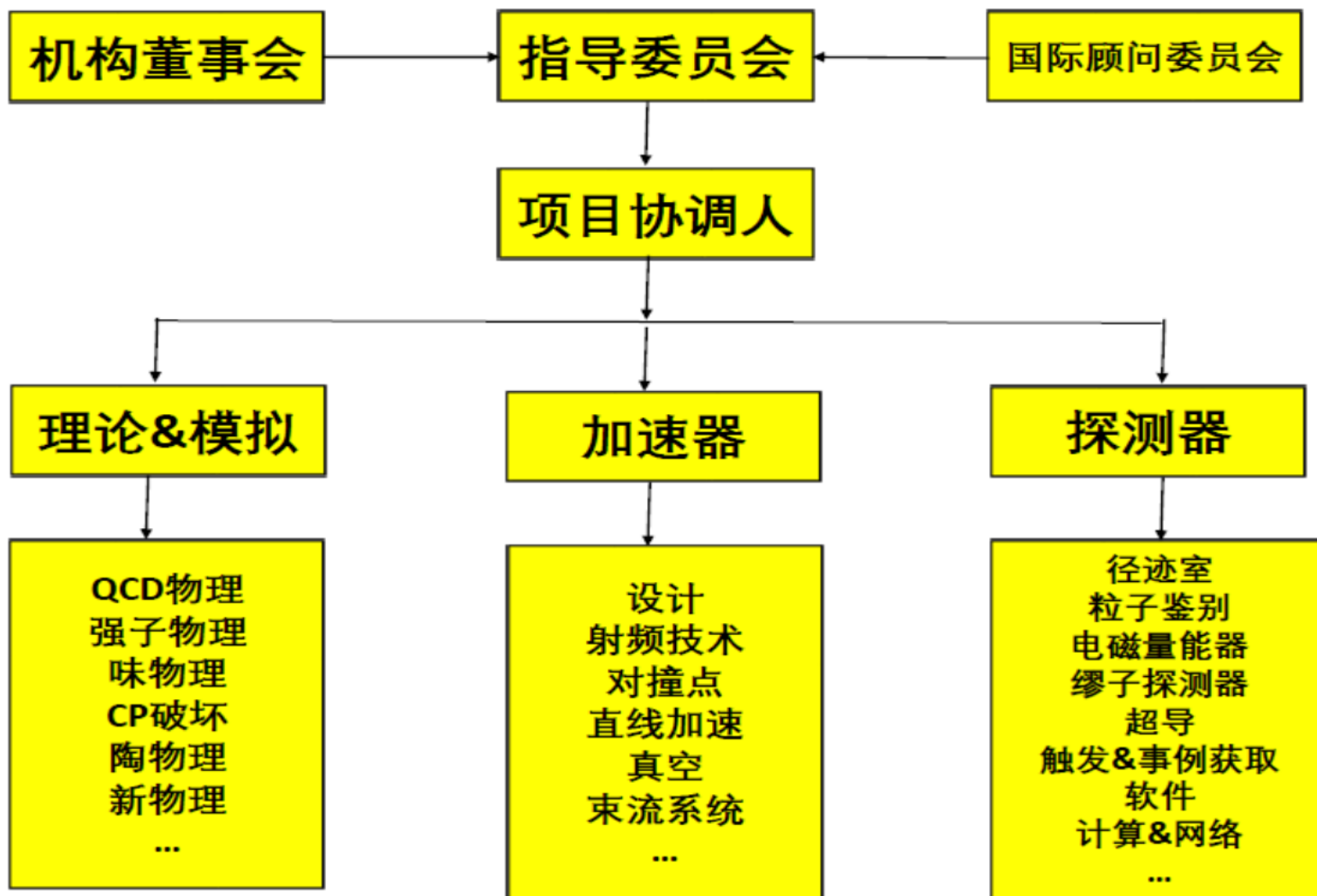
□ 多次的**国内外会议、香山会议**，开展科学问题与关键技术探讨与共识

□ 项目推动：

- 向中科大学术委员会和校长汇报（支持启动经费1000+500万元）
- 向地方政府、中国科学院、科技部相关领导汇报

项目组织

国际惯例，成立国际大科学工程组织架构



研究工作的活跃程度

一个项目的活跃程度可以参考indico上的会议次数

High Luminosity Tau Charm Physics

Indico for High Luminosity Tau Charm Physics R&D

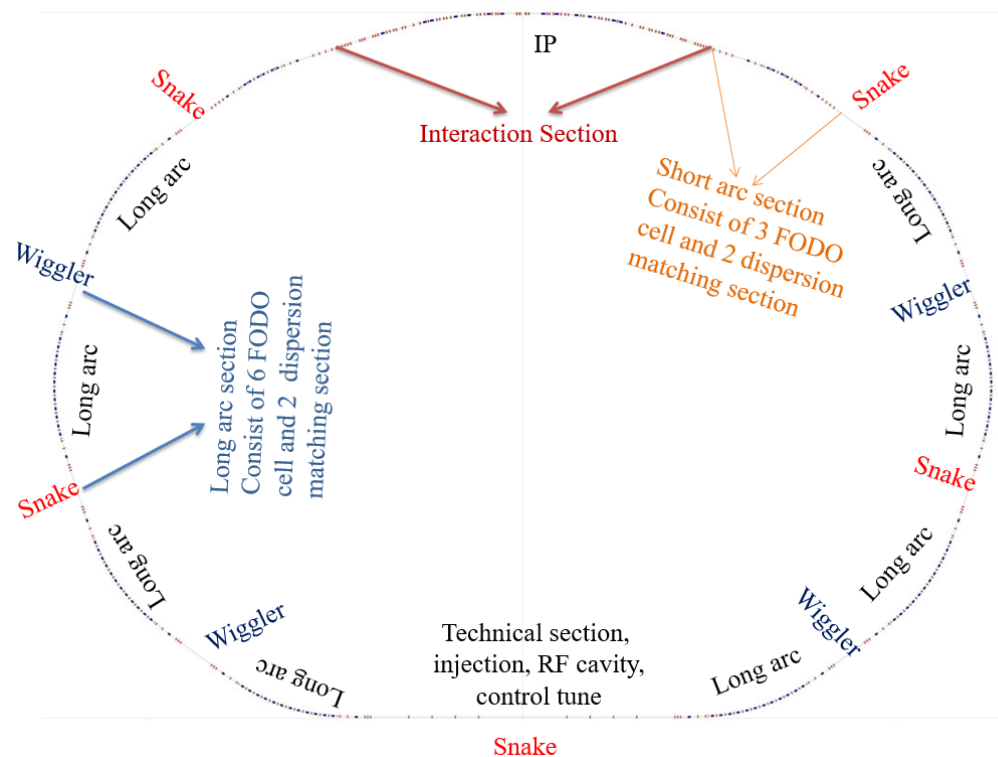
会议次数

STCF Steering Committee	1 event		
STCF Accelerator	71 events		
STCF Physics	24 events		
STCF Detector	250 events		
STCF Accelerator-Detector Joint meetings	9 events		

各课题组按计划开展研究工作，固定周会，每两个月项目联合会

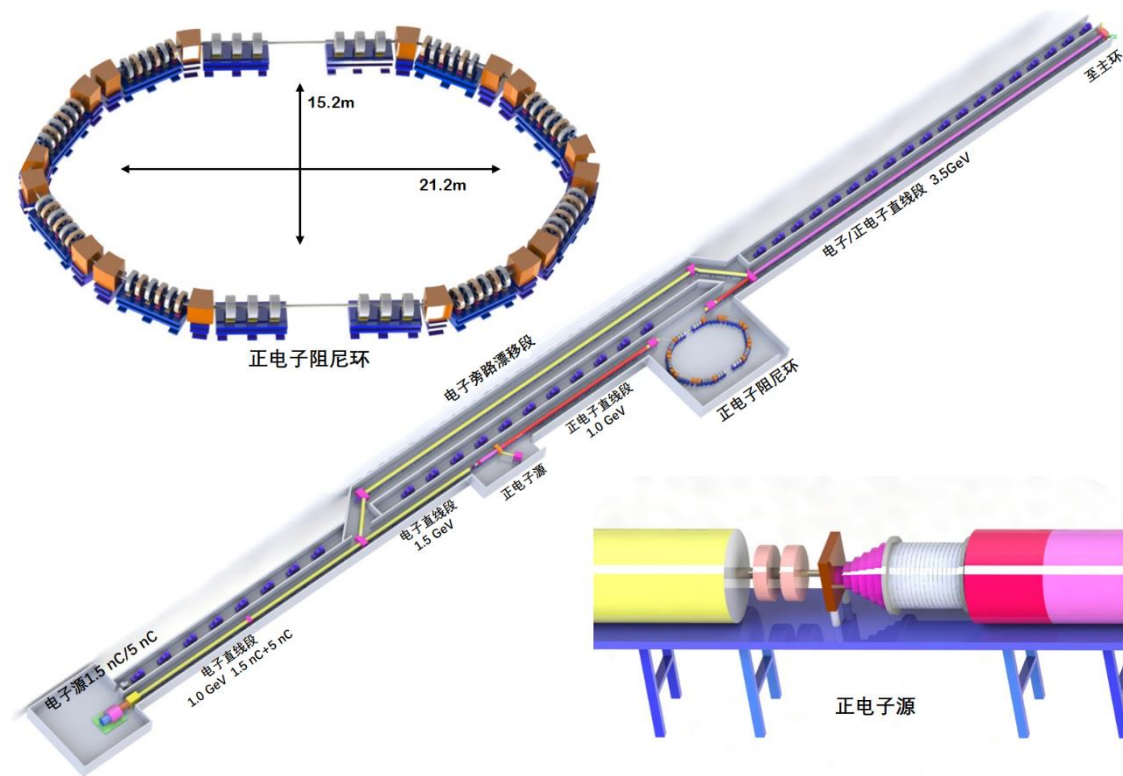
加速器储存环初步线性lattice设计结果

参数	数值
周长/m	707.258
束流能量/GeV	2, 1-3.5可调
对撞角(2 θ)/mrad	60
流强/A	1.5
对撞点 β 函数(β_x^*/β_y^*)/mm	64.1/0.638
发射度($\varepsilon_x/\varepsilon_y$)/nm·rad	2.85/0.0285
工作点 v_x/v_y	30.523 / 28.538
自然色品(C_x/C_y)	-95.291/-346.239
动量紧缩因子	1.237×10^{-3}
自然能散	4.034×10^{-4}
单圈同步辐射损失/keV	78.4
对撞点束团尺寸(σ_x/σ_y)/ μm	13.61/1.39
垂直方向束-束频移 ξ_y	0.04-0.06 (估计)
Hourglass效应因数	0.8 (估计)
Luminosity/ $\times 10^{35}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$	0.63-0.95



- ◆ 双环对称
- ◆ Large Piwinski Angle+Crabbed Waist
- ◆ 发射度nm级
- ◆ 考虑长直线节留给西伯利亚蛇等
- ◆ 超导直线加速器3.5GeV满能量注入

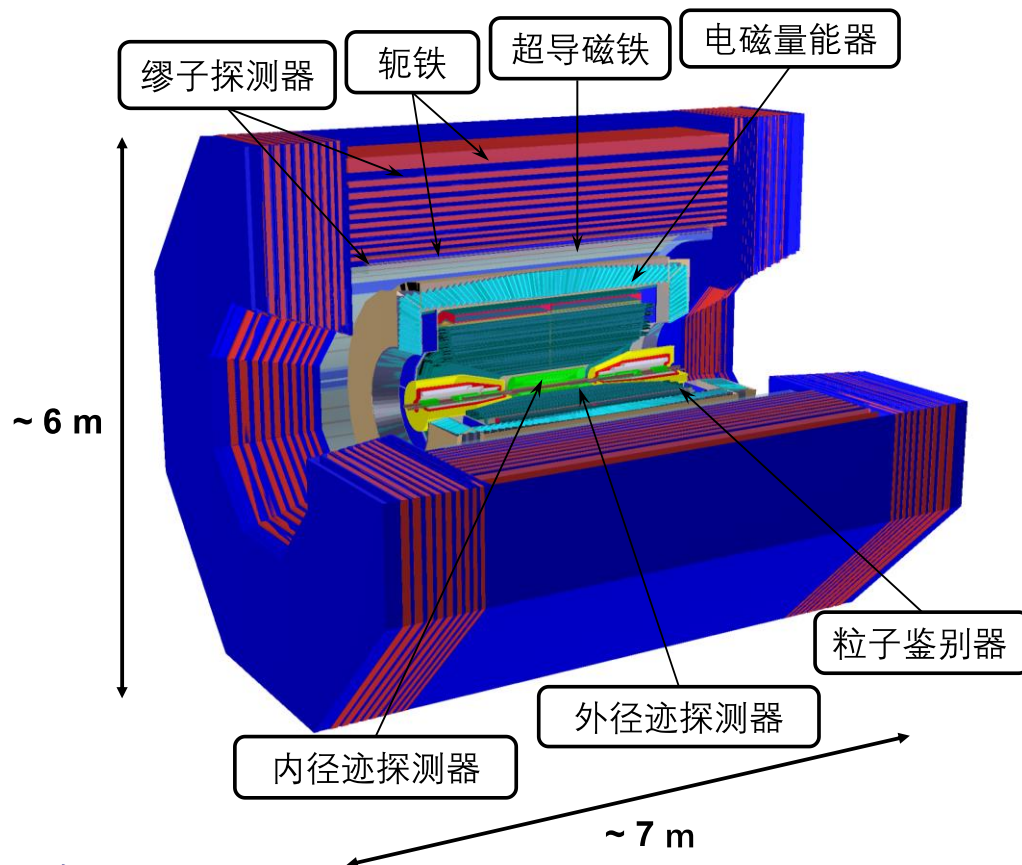
STCF 直线注入器设计



◆ 采用单脉冲双束团的注入方式，其中：1.0GeV、1.5nC的电子束经旁路用于电子注入；5nC电子束打靶产生正电子，为获得更高的正电子产额，打靶电子的能量设为1.5GeV。

◆ 这样的设计能够有效减少加速器的建造成本，同时还方便未来正负电子束的极化升级改造。

STCF探测器概念设计



物理需求:

- ◆ 对低能/动量粒子(<1GeV) 有很好的探测性能:高效率、高分辨
- ◆ 宽动量范围的强子鉴别: 直到2GeV的pi/K分辨
- ◆ 很好的缪子鉴别能力: 直到1.8GeV的mu/pi分辨
- ◆ ...

PXD

- $\sim <0.25\% X_0 / \text{layer}$
- $\sigma_{xy} < 130 \mu\text{m}$

MDC

- $\sigma_{xy} < 130 \mu\text{m}$
- $\sigma_p/p \sim 0.5\% @ 1 \text{ GeV}$
- $dE/dx \sim 6\%$

PID

- π/K (and K/p) 3-4 σ separation up to 2GeV/c

EMC

E range: 0.025-2GeV

σ_E (%) @ 1 GeV

Barrel: 2.5

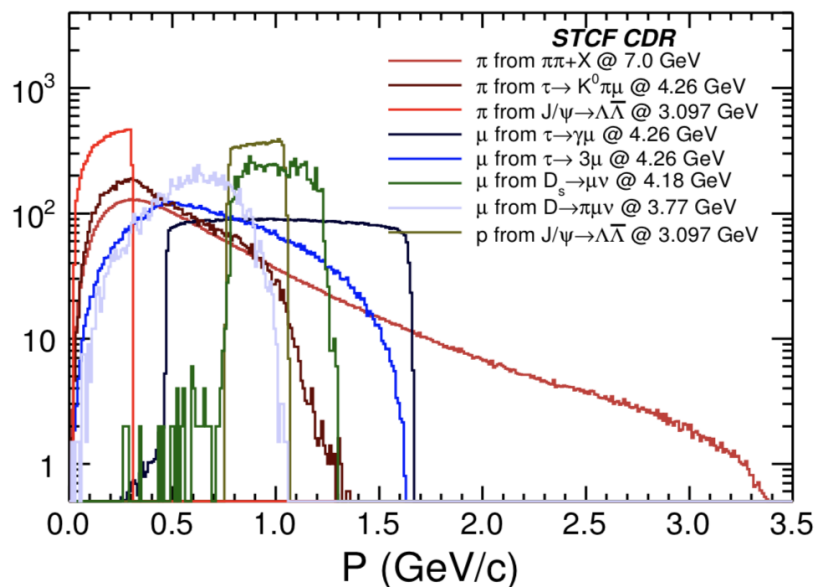
Endcap: 4

Pos. Res. : $\sim 4 \text{ mm}$

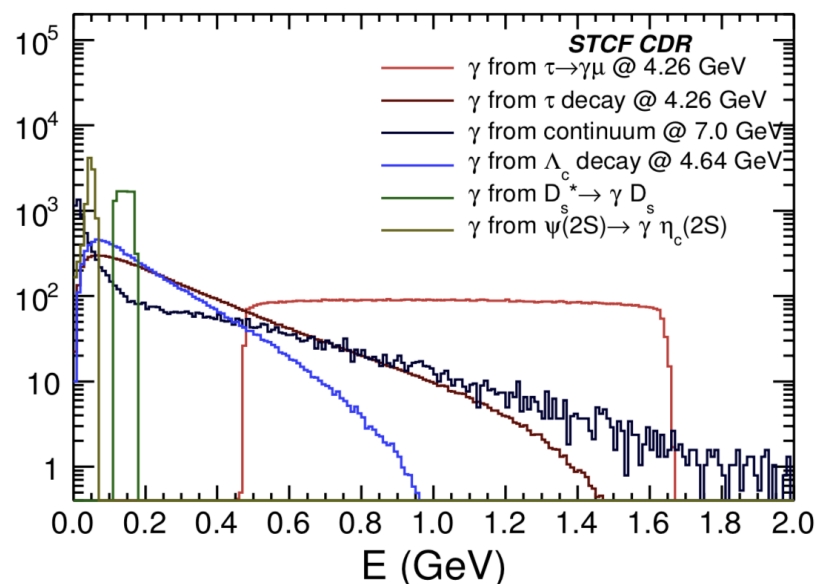
MUD

- 0.4 - 1.8 GeV
- π suppression >30

探测器设计的物理需求



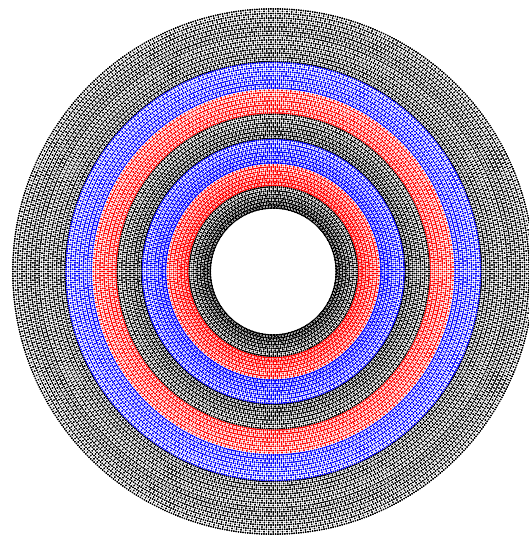
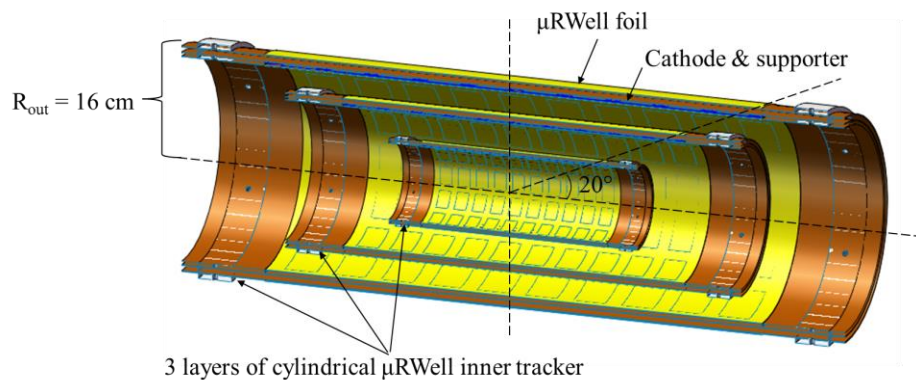
Charged particles



Photons

- ◆ 对低能/动量粒子(<1GeV) 有很好的探测性能:高效率、高分辨
- ◆ 宽动量范围的强子鉴别: 直到2GeV的pi/K分辨
- ◆ 很好的缪子鉴别能力: 直到1.8GeV的mu/pi分辨
- ◆ ...

径迹探测器基准设计



内部径迹探测器技术选项

◆ 基准方案：微结构气体探测器

- ◆ 三层独立的cylindrical- μRWell 探测器
- ◆ 半径分别为6 cm, 11 cm, 16 cm;
- ◆ 单层探测器物质质量 $0.2\sim 0.25\%$ X/X₀;
- ◆ XV二维读出, 最高本底情况下计数率 112 kHz/cm^2 。

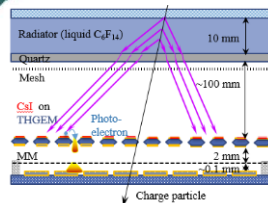
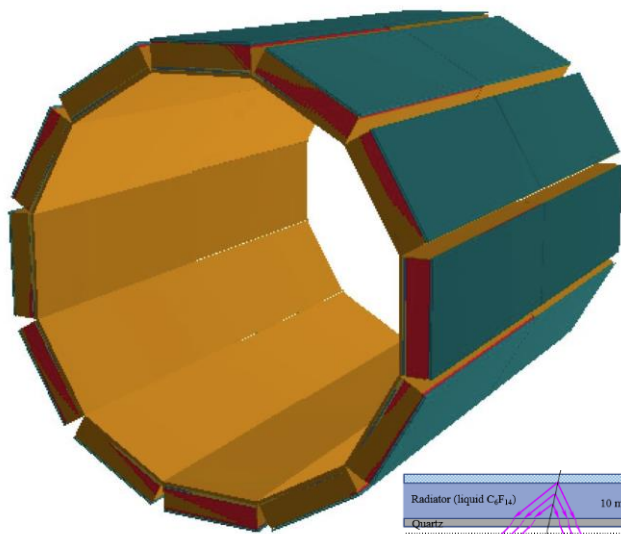
◆ 替代方案：硅探测器（基于MAPS的硅像素探测器）

外部径迹探测器技术方案

◆ 多丝漂移室

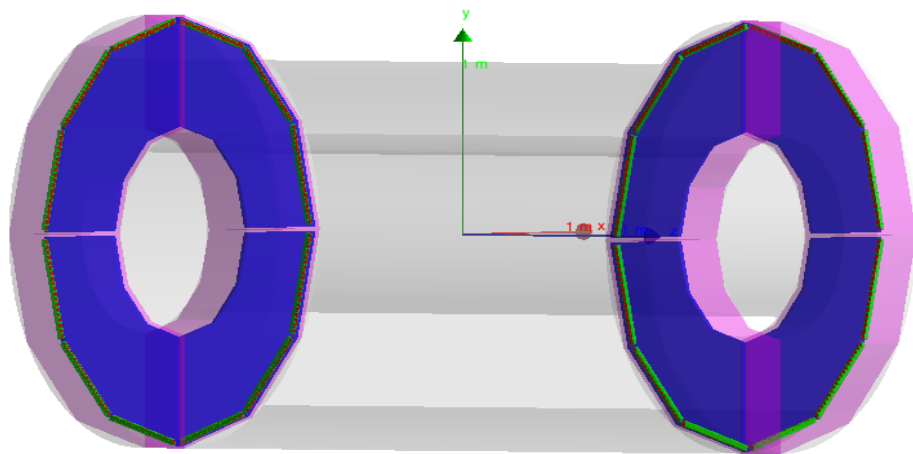
- ◆ Helium-based gas: He/C₃H₈ (60/40)
- ◆ Small square cells, 48 layers
- ◆ Sense wire: 20 μm W, Field wire: 100 μm Al
- ◆ Carbon fiber for both inner and outer walls

粒子鉴别系统概念设计



桶部RICH探测器

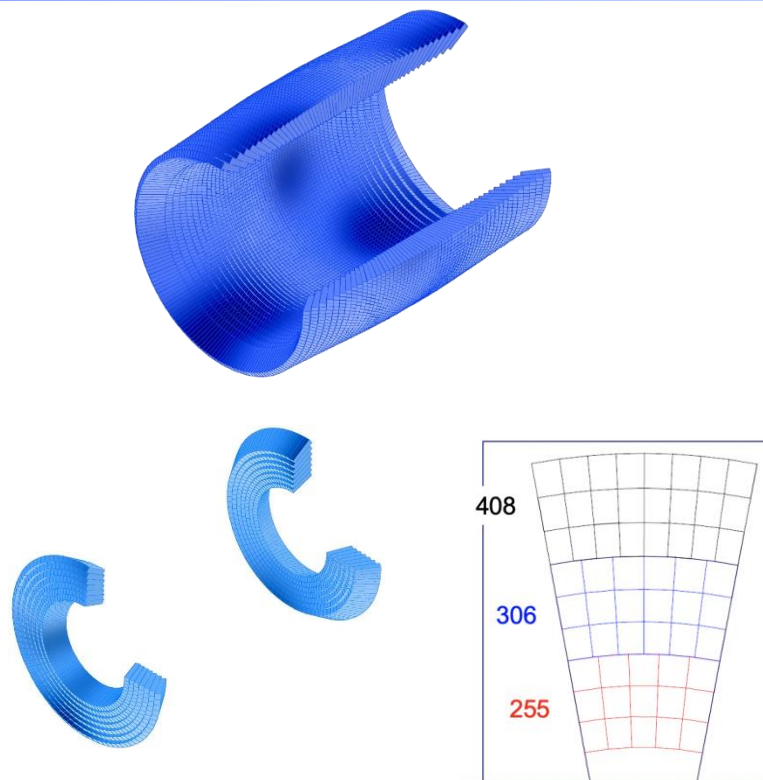
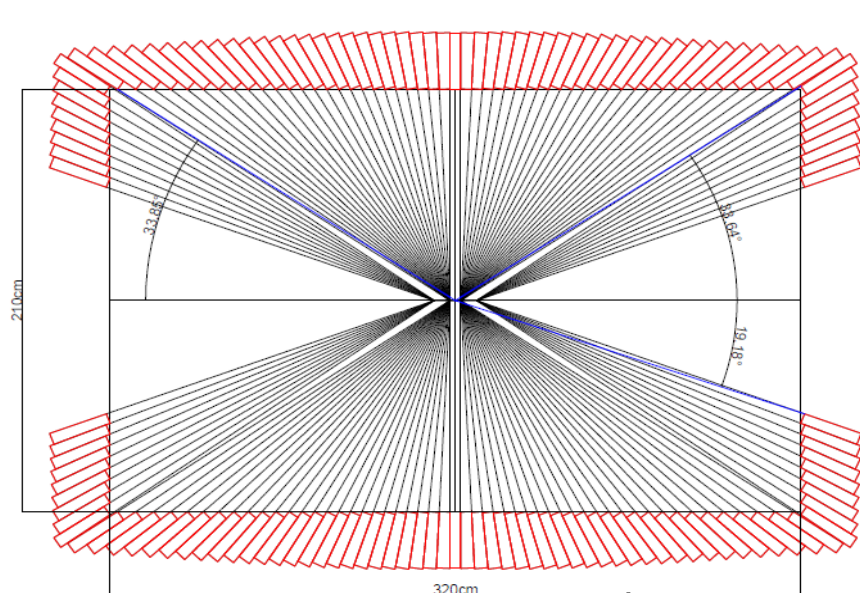
- ◆ CsI光阴极, MPGD读出
- ◆ Radiator: liquid C_6F_{14} , $n \sim 1.3$
- ◆ The K/p ability can reach to 5.7 GeV/c with 3σ separation.
- ◆ π/K goes up to 3.5 GeV/c.
- ◆ The low momentum π/μ separation is also possible.



端盖FTOF: DIRC飞行时间探测器

- ◆ quartz + MCP-PMT
- ◆ Proximity gap ~ 10 cm
- ◆ Radiator: liquid C_6F_{14} , $n \sim 1.3$
- ◆ The K/p ability can reach to 5.7 GeV/c with 3σ separation.
- ◆ π/K goes up to 3.5 GeV/c.
- ◆ The low momentum π/μ separation is also possible.

STCF 电磁量能器概念设计



- ◆ 选用纯CsI(pCsI)晶体
- ◆ Barrel includes 6732 pCsI crystals arranged in 51 rings (along Z) of 132 crystals each.
- ◆ Endcap is composed of 969 pCsI crystals.
- ◆ $\sim 15 X_0$

探测器原理样机束流测试@DESY



RICH样机

◆ CsI光电

◆ MPGD

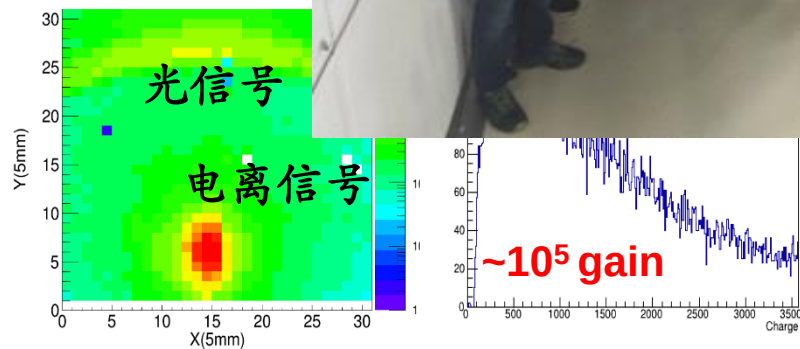
◆ 基于T



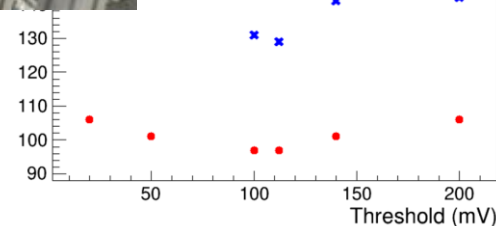
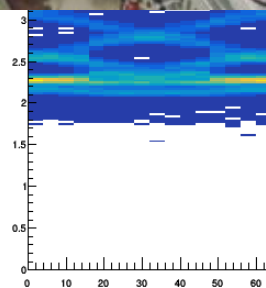
测试的FTOF装置



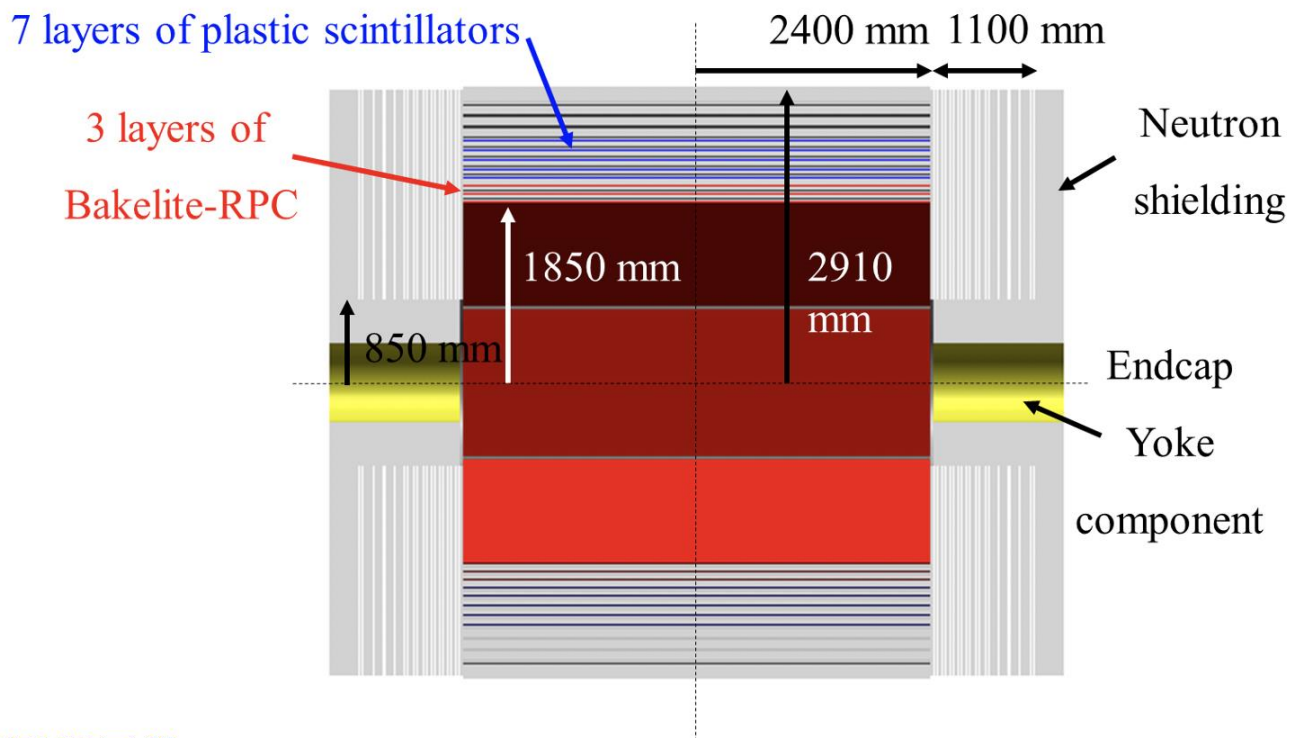
+读出电子学



束流测试切伦科夫光信号



缪子探测器概念设计



探测器层数 10

轭铁厚度 [cm] 4/4/4.5/4.5/6/6/6/8/8

($\lambda=16.77$ cm) Total: 51 cm, 3.04λ

接受度

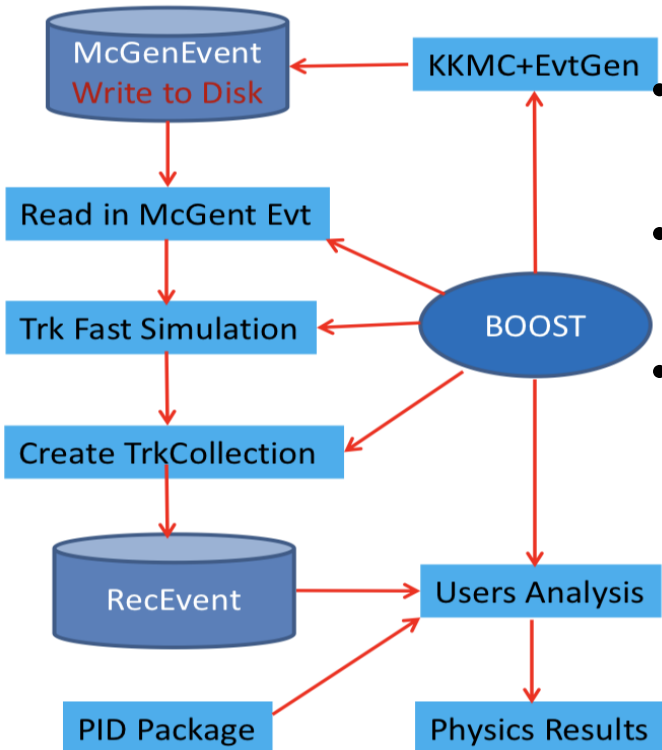
$94\% \times 4\pi$ in total

总面积 [m^2]

~ 1237 in total

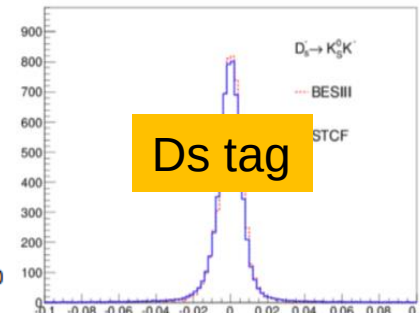
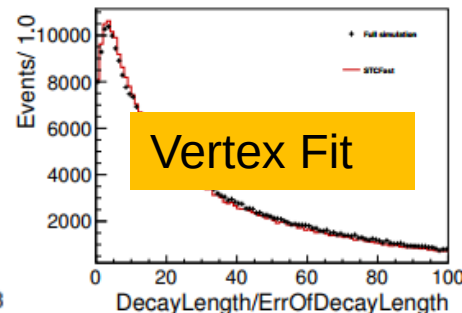
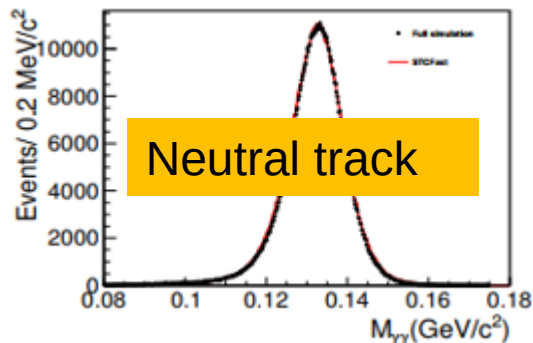
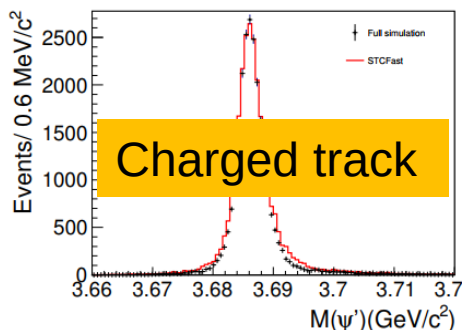
- ◆ 内3层为Bakelite-RPC，过滤高本底区域的大部分干扰计数
- ◆ 外7层为塑闪，保证信本比的同时提高中性强子探测效率

快速模拟与离线软件设计

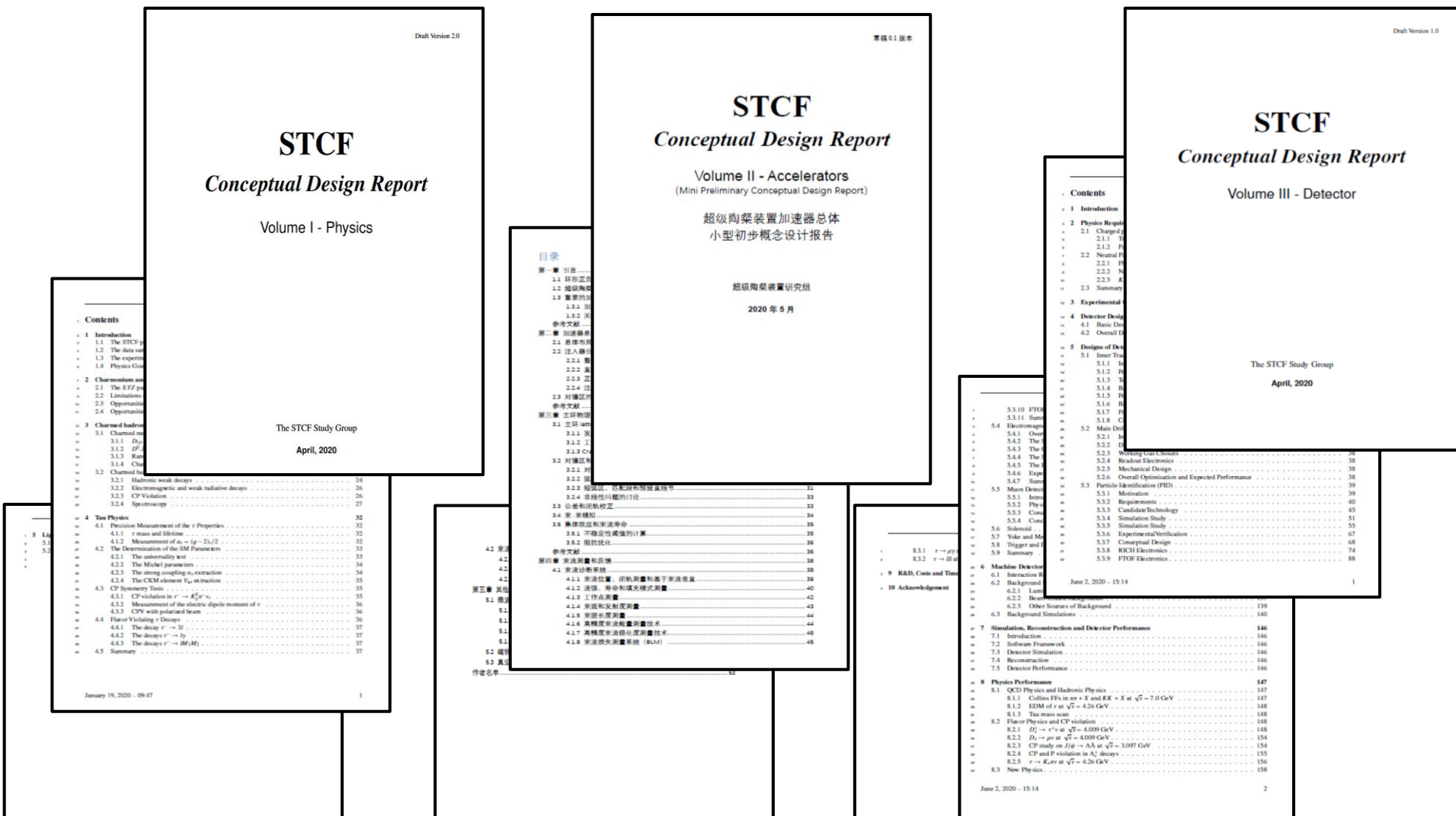


- 针对物理CDR提出的基准物理过程，利用**快模拟算法**开展物理模拟和探测器优化
- 快模拟能够实现**径迹重建**、**粒子探测**和**运动学拟合**等一系列功能，并且可以**优化效率/分辨曲线**
- 在不同能量点上产生**1 ab⁻¹**的**inclusive MC**

$\sqrt{s}(\text{GeV})$	process	statistic
3.097	$J/\psi \rightarrow \Lambda \bar{\Lambda} \rightarrow p \bar{p} \pi^+ \pi^-$	7.7e8
3.097	$J/\psi \rightarrow \Lambda \bar{\Lambda} \rightarrow n \bar{n} \pi^+ \pi^0$	4.3e8
3.097	$J/\psi \rightarrow \Lambda \bar{\Lambda} \rightarrow p \bar{n} \pi^0 \pi^-$	4.3e8
3.097	$J/\psi \rightarrow \text{anything}$	1 billion
4.260	$e^+ e^- \rightarrow \text{anything}$	1 ab ⁻¹
4.640	$e^+ e^- \rightarrow \text{anything}$	1 ab ⁻¹
4.180	$e^+ e^- \rightarrow \text{anything}$	1 ab ⁻¹
4.009	$e^+ e^- \rightarrow \text{hadrons}$	0.1 ab ⁻¹
3.770	$e^+ e^- \rightarrow \text{anything}$	1 ab ⁻¹ (Ongoing)



初版概念性设计报告



形成初版的概念性设计报告，共三册，正在进一步完善

国际高能物理领域共识

鉴于在该领域的**研究水平、技术储备、人才队伍**以及**国际地位**，
中国是公认在国际上建设STCF**最理想场所**。

- 中国科学技术大学
- 清华大学
- 北京大学
- 上海交通大学
- 复旦大学
- 山东大学
- 浙江大学
- 南京大学
- 南京师大
- 南开大学
- 中山大学
- 高能物理研究所
- 兰州近代物理所
- 合肥物质研究院
- 合肥同步辐射国家实验室
- 西安光机所
- 中国科学院大学
- 南华大学
- 北京航空航天大学
- 湖南大学
- 湖南师大
- 四川大学
- 河南师大
- 河南科技大学
- 辽宁大学
- 广西大学
- 广西师大
- 兰州大学
- 香港大学
- 香港中文大学
- 黄山学院
- 武汉大学
- 华中师大
- Institute for Basic Science, Daejeon, [Korea](#)
- T. Shevchenko National University of Kyiv, [Ukraine](#)
- University Ljubljana and Jozef Stefan Institute Ljubljana, [Slovenia](#)
- Jozef Stefan Institute Ljubljana, [Slovenia](#)
- University of Silesia, Katowice, [Poland](#)
- Dubna, [Russia](#)
- Budker Institute and Novosibirsk University, [Russia](#)
- Stanford University, [USA](#)
- Wayne State University, [USA](#)
- Carnegie Mellon University, [USA](#)
- GSI Darmstadt and Goethe University Frankfurt, [Germany](#)
- Goethe University Frankfurt, [Germany](#)
- GSI Darmstadt, [Germany](#)
- Johannes Gutenberg University Mainz, [Germany](#)
- Helmholtz Institute Mainz, [Germany](#)
- LAL (IN2P3/CNRS and Paris-Sud University), Orsay, [France](#)
- Sezione di Ferrara, [Italy](#)
- L'Istituto di Fisica Nucleare di Torino, [Italy](#)
- L'Istituto di Fisica Nucleare di Firenze, [Italy](#)
- Scuola Normale Superiore, Pisa, [Italy](#)
- Laboratori Nazionali di Frascati, [Italy](#)
- INFN, Padova, [Italy](#)
- University of Pavia, Pavia, [Italy](#)
- University of Parma, [Italy](#)

➤ **超过50个**国内外大学和研究所意愿参与预研与建设
(欧洲：20个，美国：3个)

国际合作

➤ 俄罗斯BINP和新西伯利亚国立技术大学：

- 在**Super Charm-Tau**项目上有很长的历史，做了大量的**预研**工作
- 初步达成部分**关键技术攻关**和**人才培养**的协议
- **联合月会**(网络)，讨论和交流概念设计和关键技术研究



➤ 法国直线加速器实验室(LAL)：

- FTOF关键技术联合攻关



➤ 意大利Frascati国家实验室：

- 微结构探测器关键技术、加速器物理研究



➤ 日本KEK研究所：

- 加速器物理及本底研究

➤ 德国美因茨大学(Johannes Gutenberg University of Mainz)、

瑞典乌普萨拉大学 (Uppsala)：

- 物理研究



JOHANNES GUTENBERG
UNIVERSITÄT MAINZ



UPPSALA
UNIVERSITET

国际合作

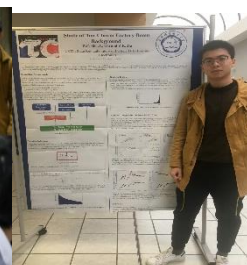
➤ 中国、俄罗斯和欧洲多边**定期联合研讨会**

- 2015 合肥(1月)
- 2018 北京(3月)、新西伯利亚(5月)、巴黎(12月)
- 2019 莫斯科(9月)
- 2020 广州(11月)



➤ 相关国际**会议**:

- International Workshop on Charm physics
- Conference on Flavor Physics and CP violation
- International workshop on Tau lepton Physics
- Gordon Research Conference
-



➤ 频繁的人员互访



经费支持

- 中国科学技术大学支持（1500万）
- 相关关键技术获得**国家自然科学基金**资助（在研）：
 - **重点**项目，一种基于Micromegas探测器的高计数率精确定时技术，340万，2020.01-2024.12
 - 联合**重点**项目，基于DIRC方法的超高分辨定时探测技术研究，300万，2020.1-2023.12
 - 联合**重点**项目，基于THGEM的切伦科夫粒子鉴别探测器研究，275万，2018.1-2021.12
 - 多个**面上项目**。。。

正在申请：

- 中科院国际伙伴-大科学培育专项（1000万）
- 科技部政府间国际科技创新合作（400万）

十三五没有得到科技部的**重点研发项目**支持，希望十四五期间尽快得到支持！
争取**科学院、地方政府**经费支持

初步路线与时间表及经费预算

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031-2040	2041-2042
成立合作组															
概念性设计报告															
技术设计报告															
工程建设															
调试与物理运行															
升级															

- 质心能量: 2-7 GeV
- 亮度: $> 0.5 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- 具有进一步提升亮度和实现极化束流的潜力
- 双储存环: ~800 米, 注入器: ~300 米
- 预算: 预研~2.5亿, 建设~45 亿人民币
- 预研5年, 建设7年, 运行15年

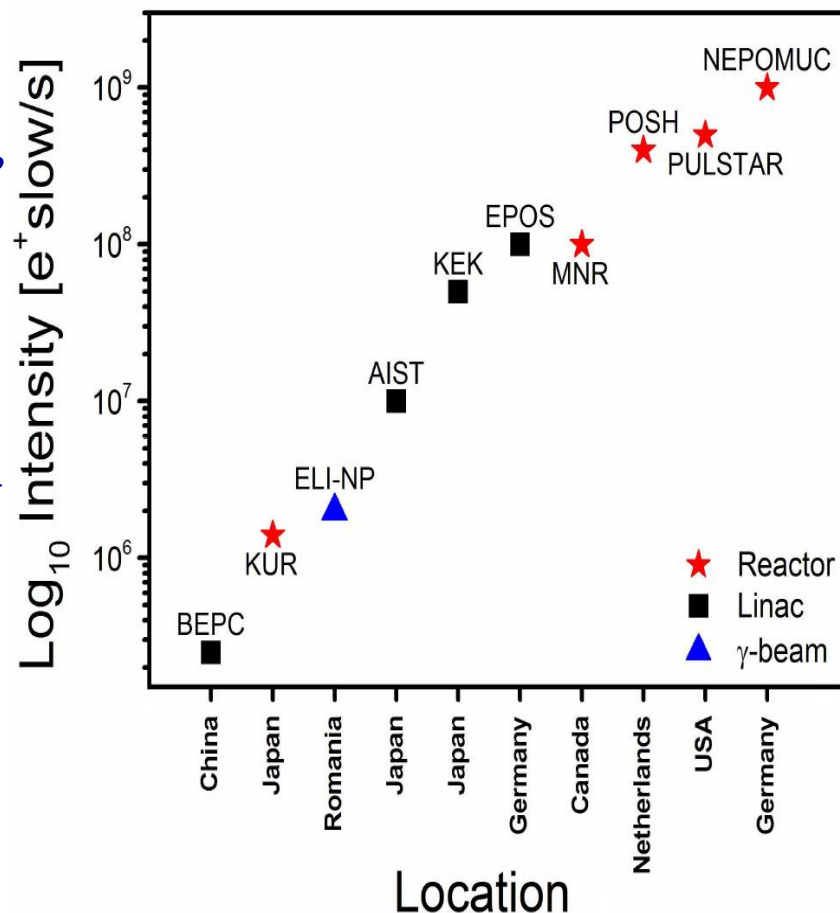
除了物理目标外，STCF的应用前景？

STCF的应用研究

◆ 同步辐射光源(1 - 3.5 GeV)

◆ 强流慢正电子束

- ◆ 正电子的衍射极限显著小于相同能量的光子，可以**实现原子尺度的位置分辨**。
- ◆ 正电子和物质的相互作用截面显著高于X射线，这样湮没发生在材料表面附近。
- ◆ **与TEM/AFM相比，在材料退化的早期监测，单分子探测方面具有显著优势。**
- ◆ 在材料中，正电子可以被跟踪，而电子则会消失在材料物质的电子环境中。
- ◆ 正电子可以直接探测金属材料的电子结构和金属成分，和金属中壳外电子湮没可以直接对费米面成像。
- ◆ 正电子可以探测表面和界面，进而**对材料中的缺陷进行3D成像**，或进行轮廓研究
- ◆ 气体中的分子共振态，液体和固体中的震动，**localized and/or delocalized** 电子态，材料中的缺陷？
- ◆ 正负电子偶素（中性，无库伦相互作用），可以用于探测**free volume**型的缺陷，包括生物材料，生物聚合物在内的绝缘体材料的气孔。



潜在的建设选址?

选址1: 安徽合肥

中共安徽省委文件

皖发〔2017〕30号



中共安徽省委 安徽省人民政府 中国科学院
关于印发《合肥综合性国家科学中心实施方案
(2017—2020年)》的通知

各市、县委,各市、县人民政府,省直各单位,各人民团体,中国科学院有关单位:

现将《合肥综合性国家科学中心实施方案(2017—2020年)》印发给你们,请结合实际认真贯彻执行。

中共安徽省委
安徽省人民政府
中国科学院
2017年9月7日

三、建设世界一流重大科技基础设施集群

- (一) 新建大科学装置
- (二) 提升拓展现有大科学装置性能
- (三) 谋划建设一批新的大科学装置

4. 正负电子加速器装置。开展新一代高流强正负电子加速器的概念与预制研究,谋划新建超高亮度的 τ -粲能区正负电子加速器。(承建单位:中国科学技术大学)



国家实验室, 主要研究方向
束流物理与加速器技术。

核探测与核电子学国家重点实验室
State Key Laboratory of Particle Detection and Electronics
中国科学技术大学

我国唯一以研究核探测技术与核电子学的**国家重点实验室**。

组织协调平台

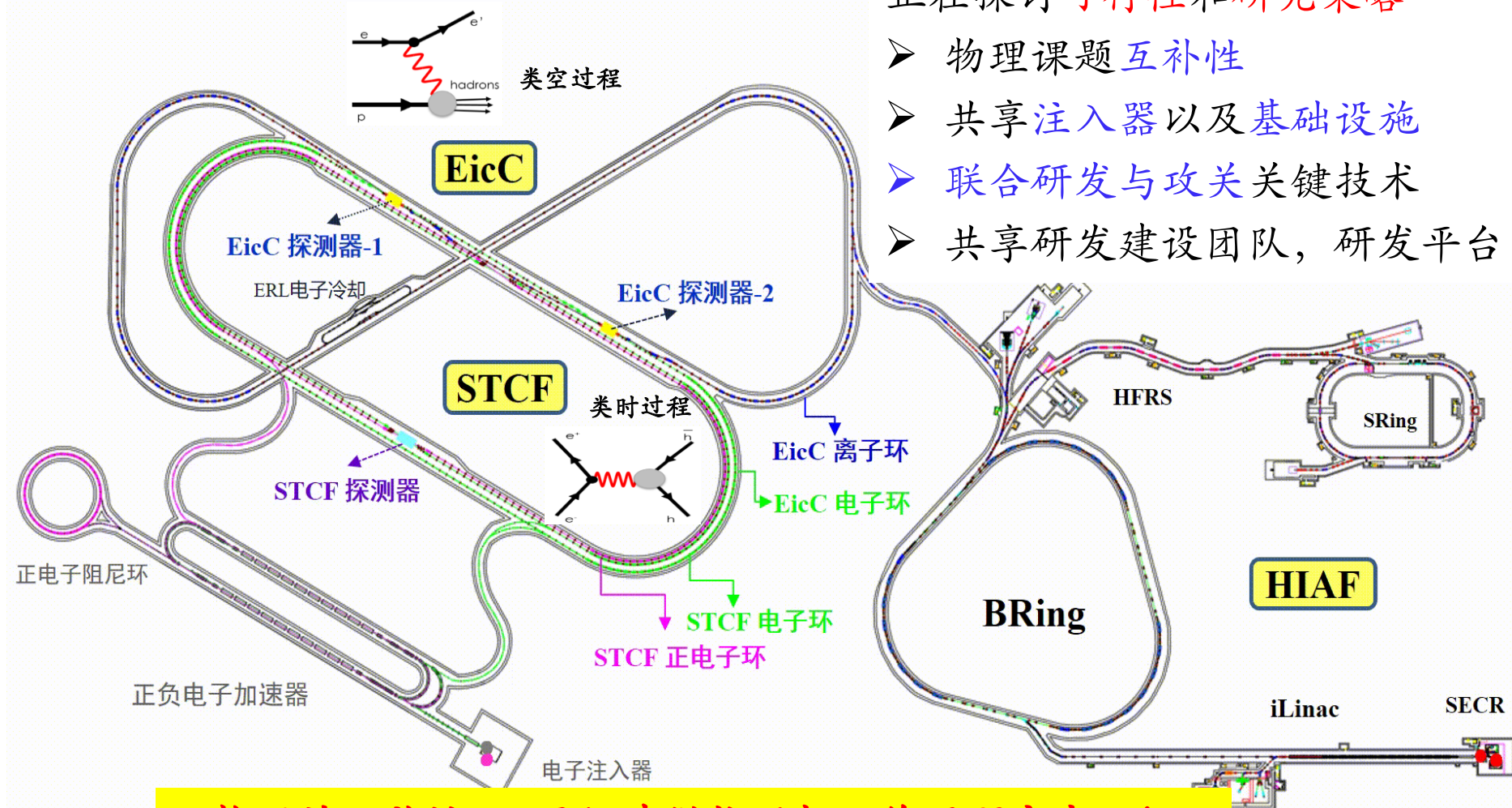
1. 基本粒子与相互作用
协同创新中心(筹)
2. 粒子科学与技术研究中心

选址2: 惠州国际强子物理中心?

近代物理所: 以HLAF为基础, 建设**中国电子离子对撞机(EicC)**

正在探讨可行性和研究策略

- 物理课题互补性
- 共享注入器以及基础设施
- 联合研发与攻关关键技术
- 共享研发建设团队, 研发平台



物理的互补性 $\Rightarrow$ 国际非微扰强相互作用研究中心!
共享注入器, 标准化储存环部件 $\Rightarrow$ 显著减少总造价

总结

- ◆ 陶粲能区具有独特性质和重大的科学发现潜力。超级陶-粲装置将使我国在该领域继续引领世界。
- ◆ 超级陶粲装置有重大的前沿科学问题和关键技术有待解决，对基础科学研究、高新技术推动以及人才培养等具有重要的科学意义和战略地位。
 - ◆ 为人才培养提供了一个非常理想的平台。
 - ◆ 在未来有利于在国内高校中维持和发展一支粒子物理实验研究的队伍。
- ◆ 初步组建国内外研究团队，正在开展可行性研究和初步概念性设计，准备开展关键技术预研，进展显著。
- ◆ STCF加速器、探测器技术预研工作对本领域的未来至关重要（可以与CEPC的预研技术共享）

正致力于开展超级陶粲装置概念性设计和预研，希望能够成为我国下一个基于加速器的国际合作大科学工程。

欢迎大家的参与！

谢谢！

Backup

同行可能关注的问题

1. 北京正负电子对撞机已经运行了三十多年了，还能有多少物理潜力？
2. 既然BESIII实验上还有这么丰富的物理研究课题，为什么还要提出建造STCF？
3. STCF上潜在的物理亮点有哪些？
4. 项目如果十年后建成，未来与Belle II实验和LHCb实验的竞争性与互补性如何？
5. 项目推动的策略和路线图，经费和加速器、探测器预研进展情况如何？
6. 除了物理目标外，STCF上的应用研究、及对本领域的推动作用怎么样？
7. 潜在的建设选址？

建造带来的潜在收益

◆ 国际粒子物理领域层面

- ◆ 具有独特性质和重大的科学发现潜力
- ◆ 继续在相关物理研究领域保持领先

◆ 国家层面

- ◆ 大科学装置/中心
- ◆ 保持国际合作、对外交流的窗口

◆ 粒子物理和原子核物理学科层面

- ◆ 学科的生存与发展

◆ 国内高校层面

- ◆ 人才队伍的维持与发展

Higgs粒子发现后的研究热点

- ◆ 寻找超出标准模型的新物理现象
- ◆ 对现有标准模型进一步修补与完善

STCF将挑战CP破缺、核子内部结构、非微扰强相互作用、新型强子态和新物理等重大前沿科学问题

项目的启动



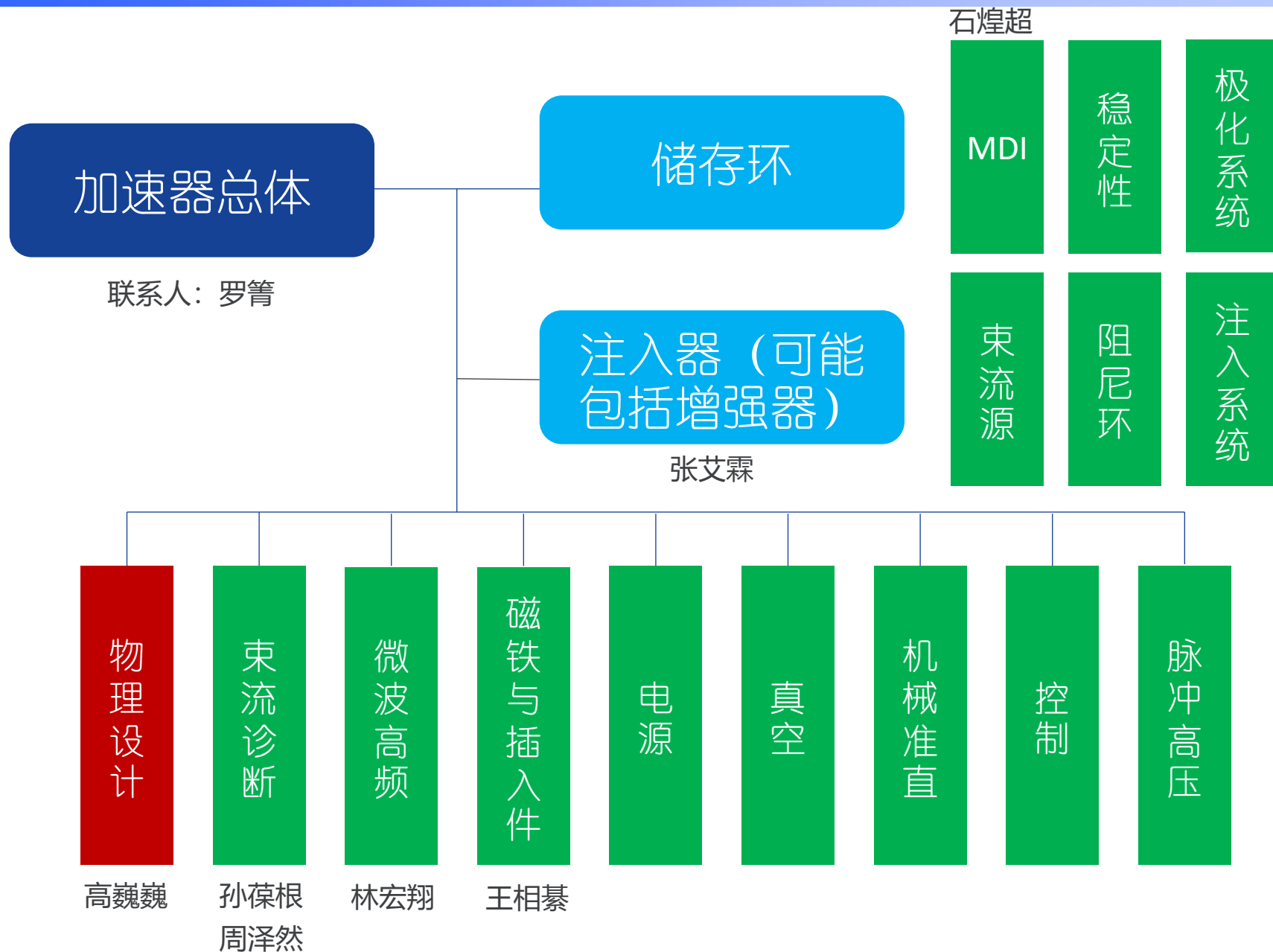
直接参与

中国科学技术大学
中国科学院大学
中科院高能物理所
中科院理论物理所
中科院近代物理所
山东大学
福建工程学院
复旦大学
北京大学
南华大学
上海交通大学
南开大学
南京大学
辽宁大学
中山大学
武汉大学
北京师范大学
惠州学院

2018年3月份，中科大校学术委员会批准，支持启动经费1000+500万元，以合肥同步辐射实验室、核探测与核电子学国家重点实验室为基地，牵头组织国内外感兴趣的研究单位开展可行性研究和概念性设计。

CDR → TDR → 申请立项 → 工程建设 → 物理运行 → 升级
目标：7年内完成概念性设计报告(CDR)和技术预研报告(TDR)

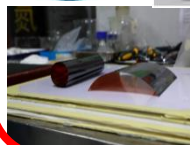
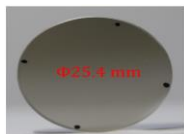
加速器总体架构



多领域联合技术攻关

项目需求为驱动力，推动国内外多领域的关键技术联合攻关

中科院兰州化学物理所



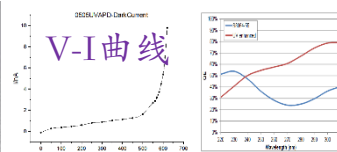
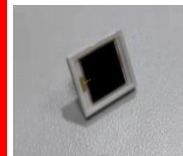
- DLC阻性电极基材的制备
- 新型光阴极的研制
- 大面积阻性THGEM制备
- 大面积阻性电极的制备

SICCAS 中国科学院上海硅酸盐研究所
Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences

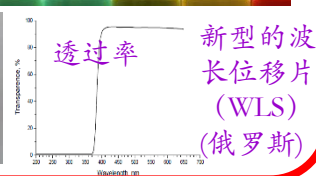
新型
晶体
研制



HAMAMATSU
PHOTON IS OUR BUSINESS

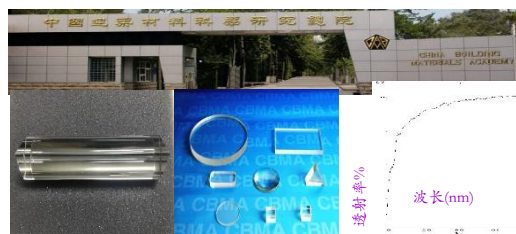


新型响应短波的雪崩光二极管(APD)



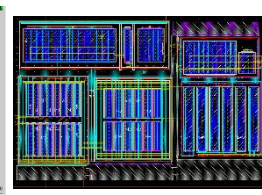
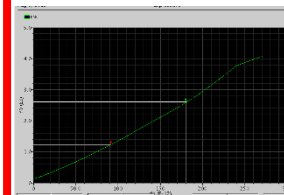
新型的波
长位移片
(WLS)
(俄罗斯)

中国建筑材料科学研究总院



切仑科夫光辐射体：超高纯度石英晶体

西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY



专用读出电子学芯片 (ASIC) 设计

上海光机精密机械研究所



大尺寸石英辐射体表面加工

合肥榛果智能技术有限公司



微网格气体探测器研发

中科院西安光学精密机械研究所



单阳极和多阳极MCP-PMT

研究进展

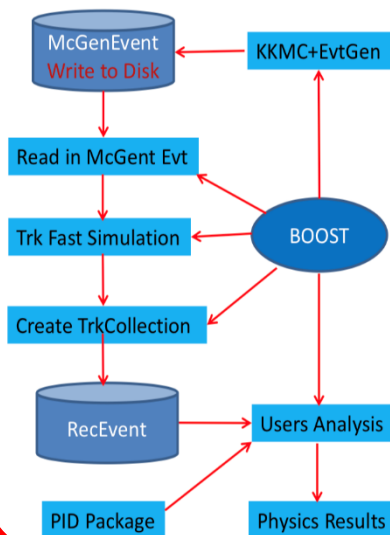
物理研究:

- 完成**模拟软件**开发, 开展全方面开展**物理模拟**工作
- 优化**课题**、预期**灵敏度**、指导探测器和加速器**设计**
- 拓展**新研究方向**和探索**新观测量**

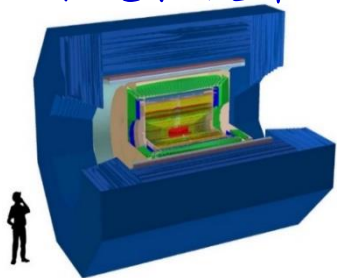
加速器与探测谱仪:

- 开展**可行性研究**, 完成项目路线和研究方案的制定
- 开展**概念设计**, 确定各子系统的可能技术路线选项
- 开展部分子系统的**关键技术攻关**

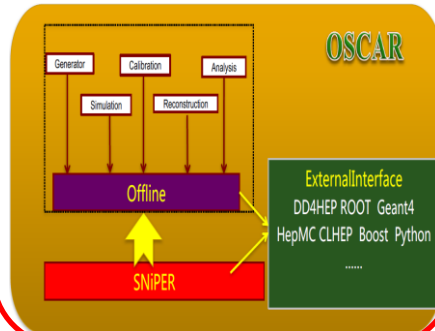
快速模拟软件



探测谱仪初步概念性设计



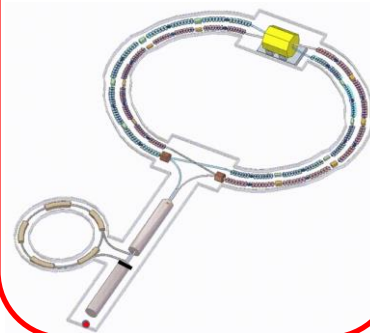
离线软件设计



确定加速器参数

Parameters	Phase 1
Circumference/m	661- >707.258
Beam Energy/GeV	2, 1- 3.5tunable
Current/A	1.5
Emittance(ϵ_x/ϵ_y)/nm·rad	2.85/0.0285
β Function @ IP (β_x^*/β_y^*)/mm	64.1/0.638
v_x/v_y	30.52259316 / 28.53792761
Collision Angle(full θ)/mrad	60
Tune Shift ξ_y	0.04~0.06 (estimated)
Hour-glass Factor	0.8 (estimated)
Luminosity/ $\times 10^{35}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$	0.63~0.95 estimated

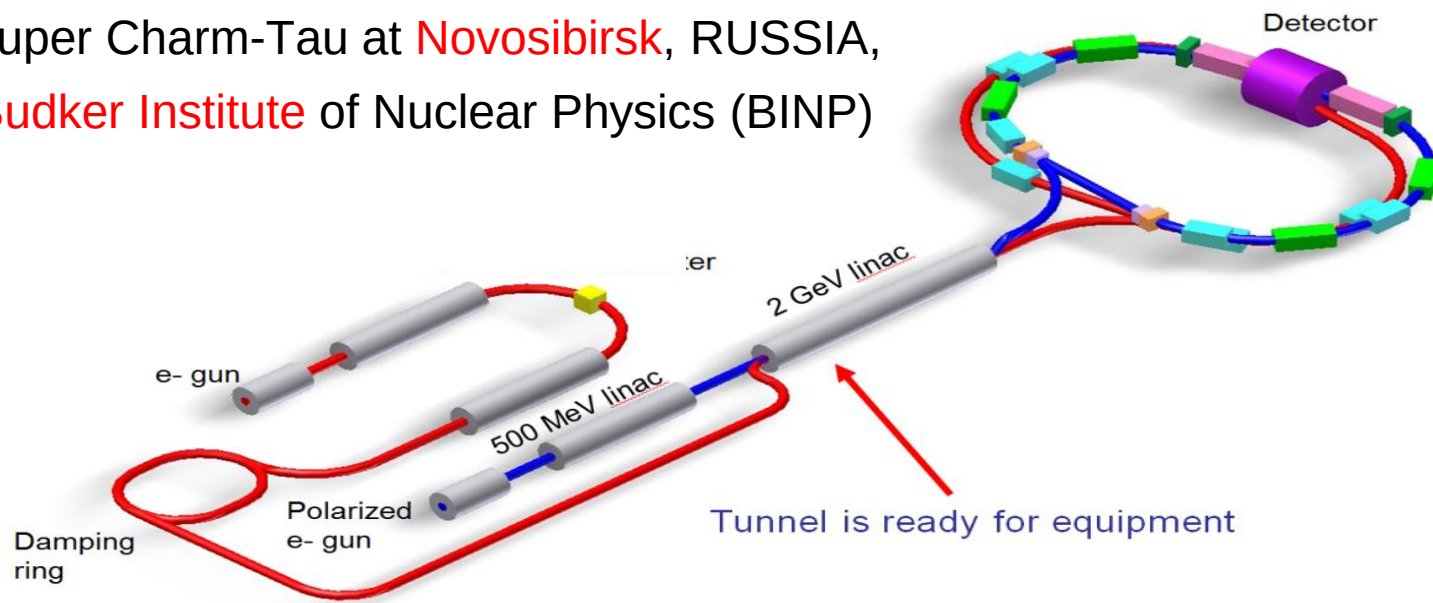
加速器工程布局



国际合作



Super Charm-Tau at **Novosibirsk**, RUSSIA,
Budker Institute of Nuclear Physics (BINP)



- ❑ 俄罗斯在STCF项目上有很长的历史，做了大量的预研工作
- ❑ 经过多次磋商，初步达成部分关键技术预研和人才培养的协议
- ❑ 科大与BINP联合月会，讨论和交流研究进展
- ❑ 巴黎联合研讨会成立项目的国际咨询委员会(28名成员、13个国家)