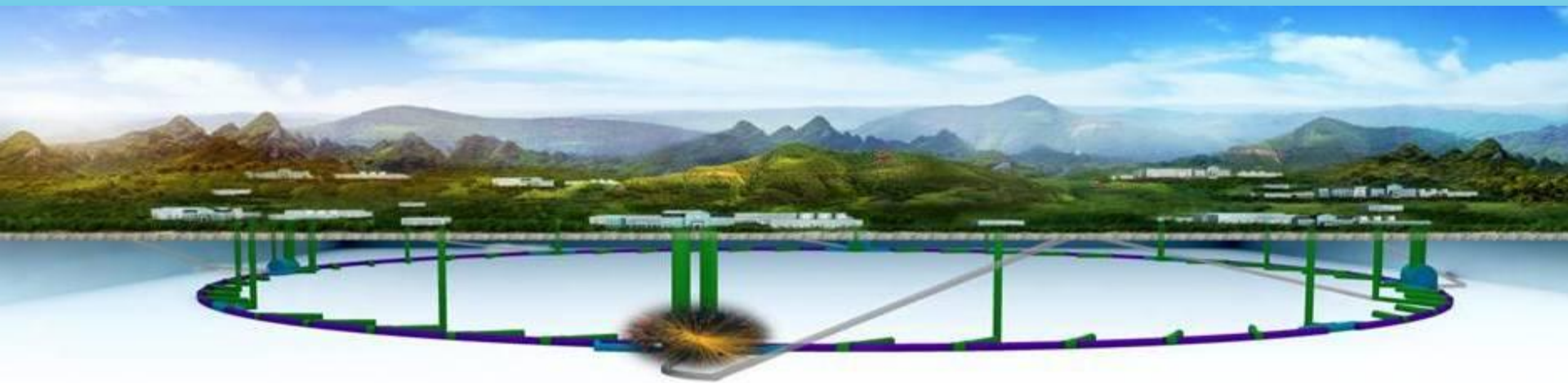


“高能环形正负电子对撞机（CEPC）” 高能物理分会战略研讨会



娄辛丑
高能物理研究所

On behalf of the CEPC Study Group

上海

上海 2018.6.21

内容

高能环形正负电子对撞机 - CEPC

- **介绍** Introduction & Reminder
- **项目进展汇报** Progress in CEPC
- **项目规划** Project Development
- **讨论** Discussion



简介 - Introduction

高能环形正负电子对撞机 (Circular Electron-Positron Collider)

- 战略需求和方案
- 设计要求
- 科学目标、定位及意义

国际高能物理发展战略

- **日本**（2012.2.11 发布）

- 如果发现了低于1TeV的粒子(如Higgs), 日本应建造国际直线对撞机（**ILC**）, **BELL-II (2018)** **2018年ILC加紧努力-争取日本政府决策**
- 如果中微子混合角 θ_{13} 被确认较大, 日本应建造HyperK, 并升级中微子相关加速器设施(T2HK)

- **欧洲**（2013.5.30在布鲁塞尔通过）

- 继续**LHC**, 并升级其亮度>10倍, 运行至 ~ 2035
- 研究未来的环形pp与e⁺e⁻对撞机 (**FCC**), **CLIC**
- 等待日本的决定以讨论欧洲加入ILC的方案
- 参加美国与日本的加速器中微子计划

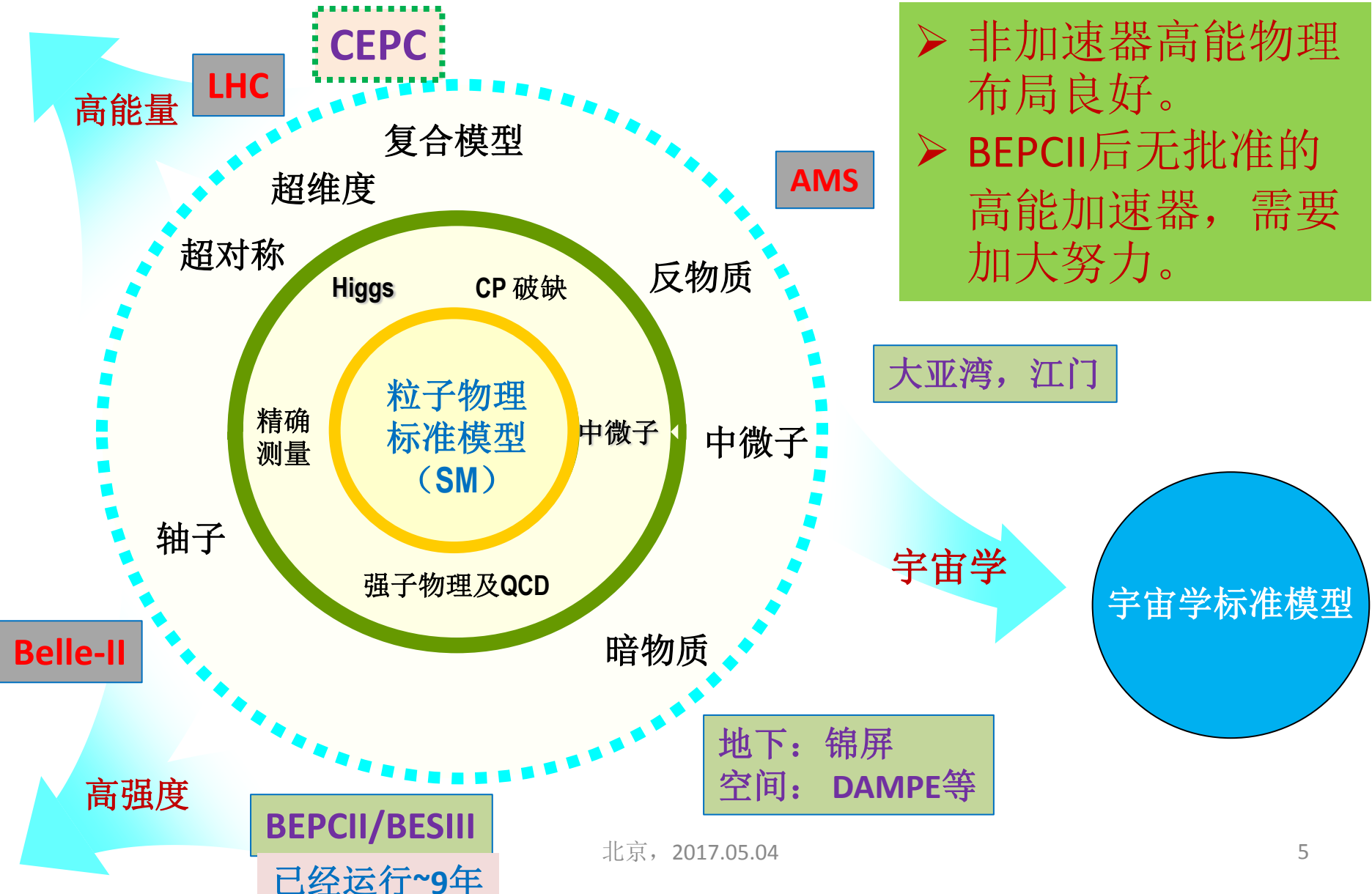
- **美国**（2014.5 发布）

- 大力参与LHC, 全力开展长基线加速器中微子实验**LBNF/DUNE**
- 继续参与**LHC**, 积极开展下一代高能加速器预研
- 等待日本关于ILC的决定

- 先进加速器研究、建设是各国高能物理战略的核心
- 我国必须有有竞争力的战略方案
- 紧迫性。

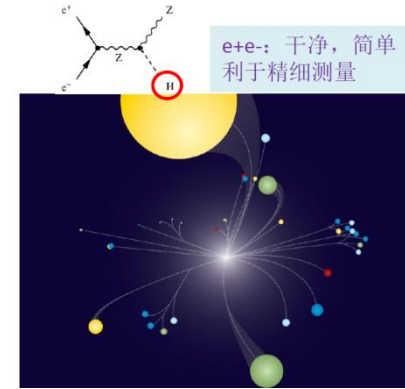
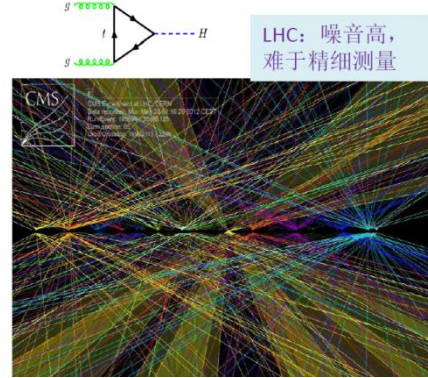
粒子物理研究的当前目标及我国现状

- 非加速器高能物理布局良好。
- BEPCII后无批准的高能加速器，需要加大努力。

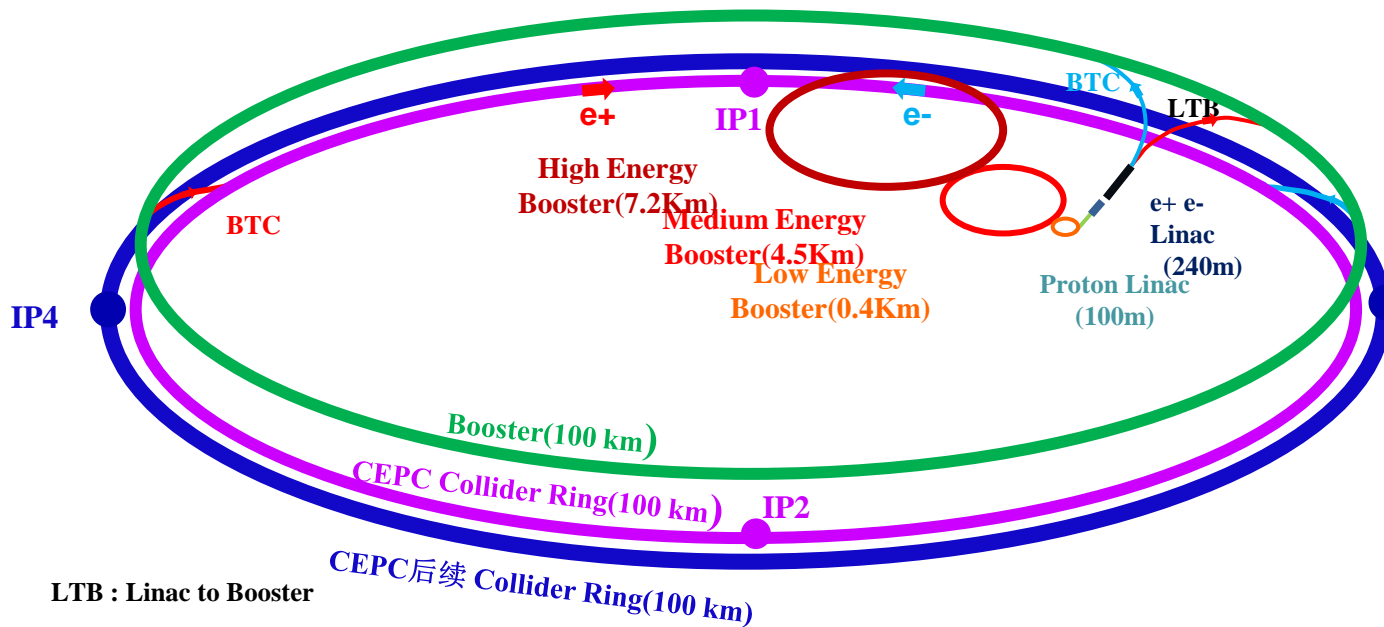


高能环形正负电子对撞机方案

- 建设一个100 公里周长的环形正负电子对撞机(CEPC), 高精度研究Higgs (Z, W) 粒子并寻找新物理



- CEPC的后续发展: 在同一隧道中建设 pp/AA对撞机, 也可以建设ep/eA 对撞机, 或其它可能性

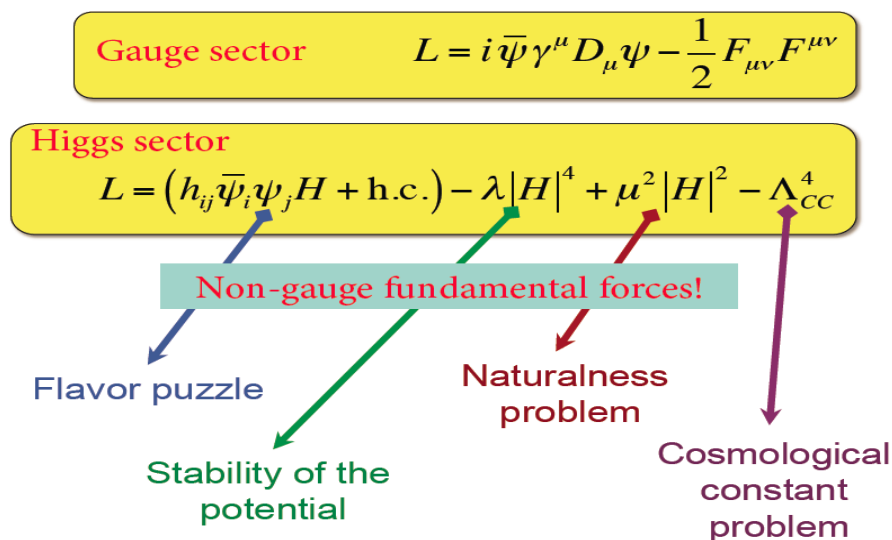


- 前沿, 先进研究设施
- 长久科学寿命: CEPC+升级>40years
- 极强国际地位
- 国内外科研用户 >千人
- 前沿, 先进研究设施
- 尚未列入其他计划

为什么要详细研究希格斯粒子？

- 极为特殊的粒子：唯一自旋为零的基本粒子
- 极为特殊的粒子：非规范的相互作用

particle	spin
quark: u, d,...	1/2
lepton: e...	1/2
photon	1
W,Z	1
gluon	1
Higgs	0



- 目标：
 - 仔细测量并理解Higgs粒子的性质
 - 是否基本粒子？有无伴随粒子？弱电相变性质？...
 - 非规范的相互作用：自耦合、汤川耦合
 - 是否有新性质？

粒子物理研究
 不可超越的必然步骤

CEPC的设计要求、科学目标

- 正负电子对撞机CEPC (90 - 250 GeV)
 - 希格斯工厂(250 GeV 处产生 $\sim 10^6$ 个希格斯粒子/10年)
 - 精确测量与研究希格斯粒子(质量、自旋、宇称、耦合等)
 - 寻找新物理的迹象 Higgs 测量精好于1%
 - Z 工厂(91 GeV 处产生 10^{10} 个Z 粒子/年; Z衰变产生大量的B介子, 粲介子与tau 轻子)
 - 精确检验标准模型
 - 寻找偏离标准模型的迹象, 寻找稀有衰变等
 - 重味物理, 强子结构, 精确测量等

CEPC的战略目标

我们的未来 - “占领制高点” **Become leader in HEP**

先进技术和创新 **Advanced technologies & innovation**

高能环形正负电子对撞机组织

自2013年
9月以来

合作机构委员会
高原宁(清华)
高杰(高能所)

指导委员会
王贻芳(高能所), 娄辛丑(高能所), 高原宁(清华), 秦庆(高能所), 高杰(高能所), 杨海军(上海交大), 刘建北(中国科大), 金山(高能所), 何红建(清华), 冒亚军(北大), 许怒(华中师大), 周为仁(费米), ...

国际顾问委员会
Young-Kee Kim等24名
著名科学家、技术专家
和管理专家



项目负责人
娄辛丑(高能所)
秦庆(高能所)
许怒(华中师大)

于成辉 (加速器物理)

加速器: CSNS, BAPS, BEPC II, ADS

的人员, 国际合作

物理: LHC、BEPC II、JUNO的人员,
国际合作

理论

何红建(清华)
马建平(理论所)
何小刚(上交大)

加速器

高杰(高能所)
迟云龙(高能所)
唐靖宇(高能所)

探测器

Joao Costa (IHEP)
金山(高能所)
高原宁(清华)

MILESTONES

Nov. 2012

CEPC was firstly informal reported at HF2012.

Sept. 2012

The CEPC was proposed at the second High Energy Physics strategic workshop (China).

Jul. 2012

The Higgs boson was discovered.

Jun. 2013

CEPC was supported at the 464th Fragrant Hill Meeting

Sept. 2013

Circular Electron-positron Collider (CEPC) Kick-off Meeting

Dec. 2013

Center for Future High Energy Physics (CFHEP) was established

Jul. 2014

ICFA stated that ICFA continues to encourage international studies of circular collider

Feb. 2014

ICFA and Linear Collider Board meeting was hold. ICFA made the following statement: ICFA supports studies of energy frontier circular colliders and encourages global coordination.

Feb. 2014

Future Circular Collider (FCC) Study Kickoff Meeting was hold by CERN. A collaboration frame between CEPC and FCC was established

Jan. 2014

Excellent Innovation Center for Frontier Particle Physics was established. CEPC is the first study topic in the center

Feb. 2015

International Review for the CEPC Pre-CDR

Since May 2015

Based on crab-waist collision at two interaction points, Partial double Ring (PDA), Advanced Partial Double Ring (APDR) and the Fully Partial Double Ring (FPDA) schemes have been studies systematically.

Sept. 2015

The first CEPC International Advisory Committee workshop was hold at IHEP

Oct. 2016

The 572th Fragrant Hill Meeting dedicated to CEPC has concluded that CEPC has a solid physics reason to be built with big physics potential in SppC.

Sept. 2016

Chinese High Energy Physics Physics Division of the Chinese Physics Society concluded that CEPC is the first option for future high energy accelerator project in China. It supports the strategy that aims at developing the CEPC towards a large international scientific project proposed by China.

Jul. 2016

Chinese Ministry of Science and Technology has allocated several tens of million RMB for the design of the CEPC and the related R&D.

Apr. 2016

AsiaHEP/ACFA Statement on ILC+CEPC/SppC has been made with strong endorsement of the ILC and encouraging the effort led by China on CEPC/SppC.

Jan. 2017

CEPC-SppC baseline and alternative designs for Conceptual Design Report (CDR) have been decided by the Steering Committee of the CEPC-SppC

Apr. 2017

CEPC-SppC Progress Report on accelerator was published.

Nov. 2017

The first CEPC-SppC international workshop was held at IHEP.

Nov. 2017

CEPC Industrial Promotion Consortium (CIPC) was established at IHEP.

Dec. 2017

Draft CEPC CDR (accelerator) available.

初步概念设计及国际评审的主要结论

- 科学意义重大
- 加速器、探测器、土建和通用系统设计完整，方案选择合理
- 没有不可克服的技术困难
- 预研项目的选择合适
- 年轻的队伍成长迅速，设计、研究水平令人印象深刻

项目进展汇报-Progress

高能环形正负电子对撞机 (Circular Electron-Positron Collider)

- 概念设计
- 关键技术预研究
- 选址及设施
- 经费、国际合作、工业联盟
-

CEPC 概念设计CDR

<http://cepc.ihep.ac.cn>



April 2017

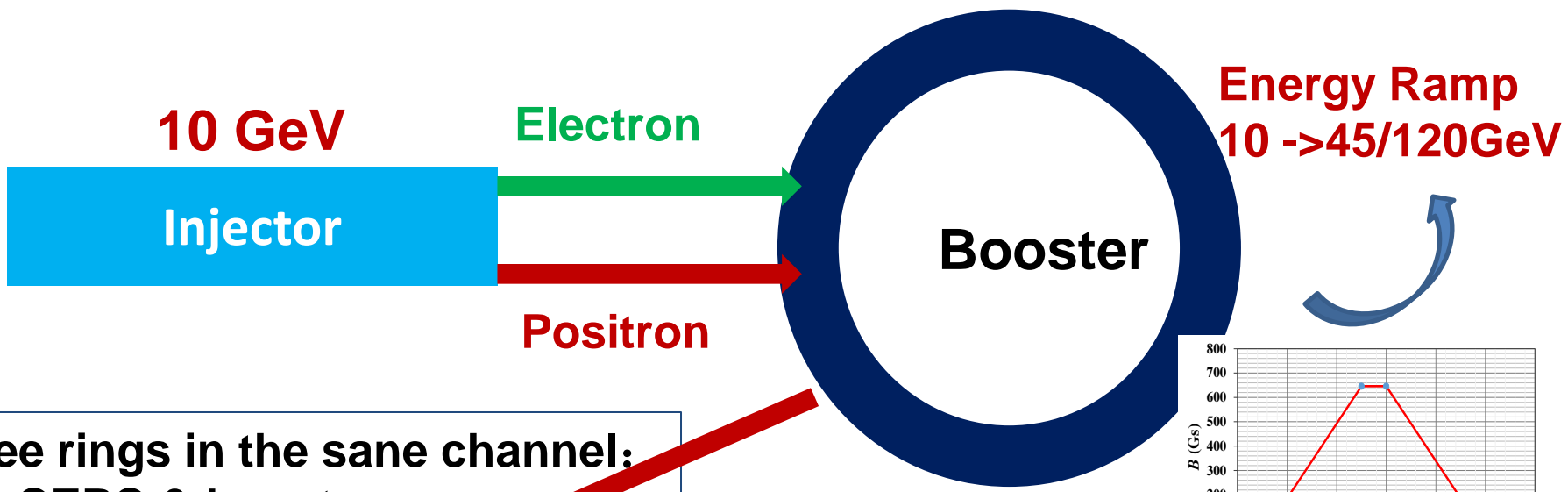
June 2018

Lumi.	Higgs	W	Z	Z(2T)
$\times 10^{34}$	2.93	11.5	16.6	32.1

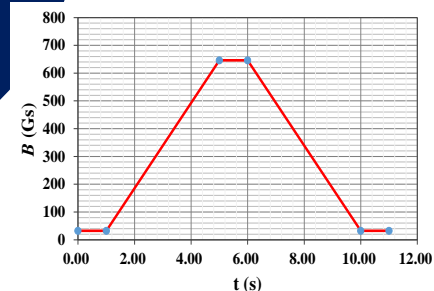
- ✓ double ring baseline design
- ✓ switchable between H and Z/W w/o hardware change (magnet switch)
- ✓ use half SRF for Z and W
- ✓ can be optimized for Z with 2T detector (~3200× LEP luminosity)

Intel review in late June at IHEP

CEPC CDR Accelerator Chain



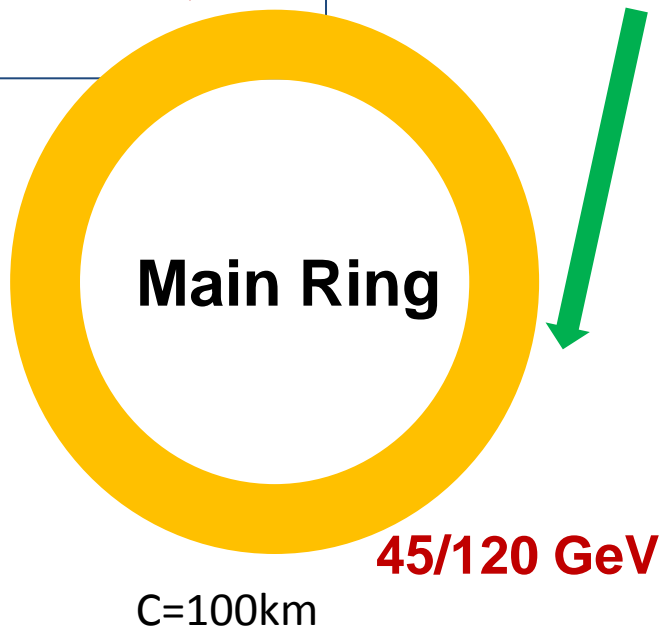
Energy Ramp
10 ->45/120GeV



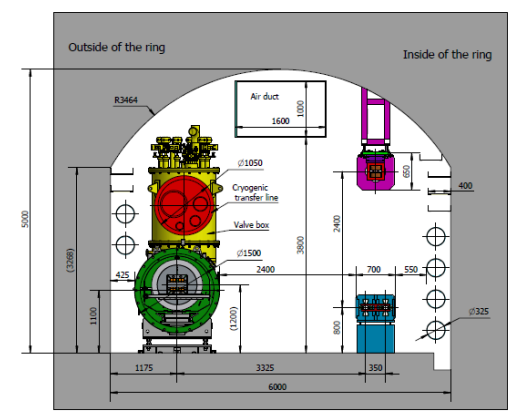
Booster Cycle (0.1 Hz)

Three rings in the same channel:

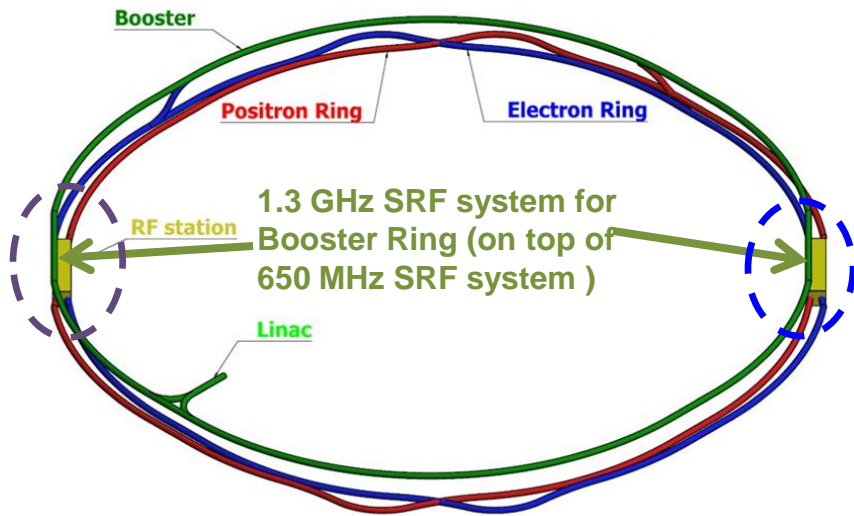
- CEPC & booster
- SppC



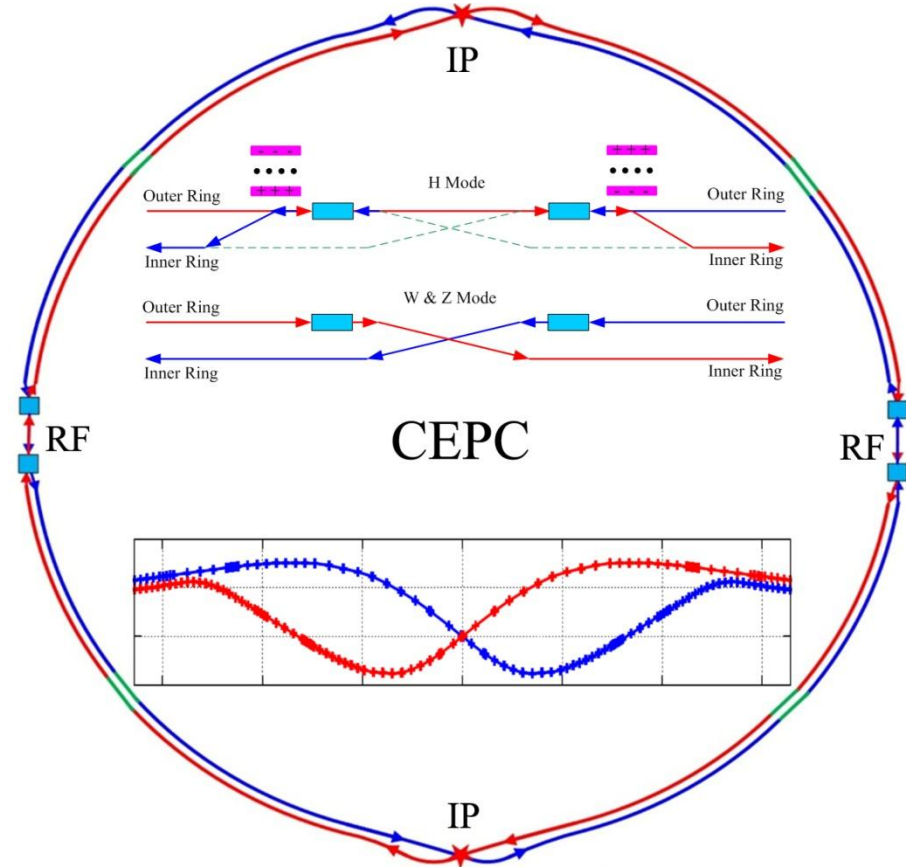
TUNNEL CROSS SECTION OF THE ARC AREA



CEPC SRF system configuration



SRF system location of CEPC (two RF stations)



Layout of 650 MHz SRF system for Collider Ring

高能环形正负电子对撞机（CEPC）进展

Higgs long operation first: one-time full installation of all Higgs cavities. Cavity optimized for Higgs, with operation margin (higher voltage and current).

Baseline W and Z luminosity not limited by Higgs cavity: W and Z will use part of the Higgs cavities. W limited by SR power. Z limited by beam-beam (bunch charge), x-y coupling (β_y^*), and e-cloud (bunch spacing).

Cavity and cryogenics cost reduction (by half): common H cavities, separate W/Z cavities.

Upgradable to 50 MW SR per beam and higher energy: power source, RF distribution and input coupler margin, variable coupler to save power, longer RF tunnel reserved for upgrade. Use independent KEKB/BEPCII type cavity for high luminosity Z.

高能环形正负电子对撞机（CEPC）进展

- 为概念报告而定的基准设计、选择 **baseline design & options**
 $E_{cm}=240\text{GeV}$ ，周长=100km，30MW，设计亮度目标 $\sim 3 \times 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$
双环（公用磁铁）；先进局部双环
2个独立的探测器

- **CEPC 相比ILC的优势 advantage**

ILC 在240 GeV（30MW）：

同等造价，亮度是我们的1/6

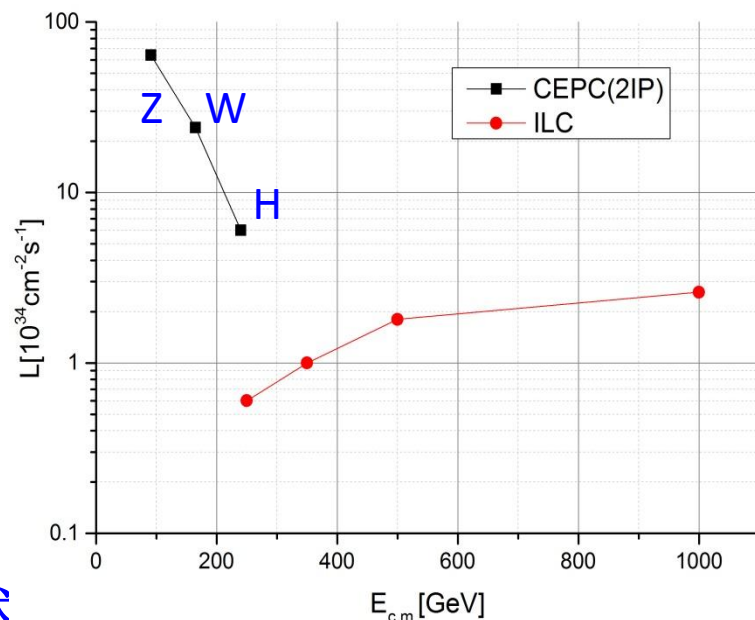
ILC还没有Z， 没有pp upgrade

亮度还依赖于尚未实现的nano beam 技术

CEPC技术成熟，还有Z能区，高能同步辐射，高能pp 升级， ...


CERN FCC（ee）类似CEPC，优先性远低于FCC（pp），>2037年

CERN CLIC 在HL-LHC， HE-LHC同时进行时不大可能



ICFA Mini Workshop on Dynamics Aperture of Circular Accelerators

ICFA Mini-Workshop on Dynamic Apertures of Circular Accelerators






November 01-03, 2017 IHEP, Beijing, China
<http://indico.ihep.ac.cn/event/7021/>

International Program Committee:

Ralph Assmann (DESY, Germany)	Olivier Napoly (CEA, France)
Michael Benedikt (CERN, Swiss)	Qing Qin (IHEP, China)
Marica Biagini (INFN-LNF, Italy)	Pantaleo Raimondi (ESRF, France)
Michael Borland (ANL, USA)	Leonid Rivkin (PSI, Swiss)
Yongho Chin (KEK, Japan)	John Seeman (SLAC, USA)
Jie Gao (IHEP, China, Chair)	Hitoshi Tanaka (Spring8, Japan)
In Soo Ko (PAL, Korea)	Richard Walker (Diamond, UK)
Greg LeBlanc (Au Syn, Au)	Lin Wang (Hefei, China)
Derun Li (LBNL, USA)	Ferdinand Willeke (BNL, USA)
Simon C. Leemann (LBNL, USA)	Jiawen Xia (IMP, China)
Eugene B. Levichev (BINP, Russia)	Seiya Yamaguchi (KEK, Japan)
Ming-Chyuan Lin (TPS, Taiwan)	Zhentang Zhao (SINAP, China)
Laurent Nadolski (Soleil, France)	Yuhong Zhang (JLab, USA)
Sergei Nagaitsev (FNAL/UChicago, USA)	Frank Zimmermann (CERN, Swiss)

Scientific Secretaries: Song Jin, Nan Song, Lin Bian, Dou Wang, Yiwei Wang, Zhe Duan

Workshop Email: DA2017@ihep.ac.cn, jinsong@ihep.ac.cn (Scientific Secretary)



40 participants from **USA, Russia, Swiss, Japan, France, Korea, China...**, concentrating the key beam dynamic aperture problem for CEPC also...
Experts from pp, e+e-, ep, eA, light source, damping ring for ILC....

<http://indico.ihep.ac.cn/event/7021/>

Mini-Review Workshop of CEPC-SPPC CDR (Nov. 4-5, 2017, IHEP)

CEPC-SPPC CDR Mini-review members

Name (alphabetical order)

Anton Bogomyakov	BINP	Russia
Brian Foster	Oxford U.	U.K.
Eugene Levichev	BINP	Russia
Kexin Liu (刘克新)	Peking U.	China
Ernie Malamud	Fermilab	USA
Kazuhito Ohmi	KEK	Japan
Katsunobu Oide	CERN / KEK	Switzerland
Carlo Pagani	U. of Milan / INFN	Italy
John Seeman	SLAC	USA
Sergey Sinyatkin	BINP	Russia
Mike Sullivan	SLAC	USA
Chuanxiang Tang (唐传祥)	Tsinghua U.	China
Lin Wang (王林)	USTC	China
Xiangqi Wang (王相綦)	USTC	China
Akira Yamamoto	KEK	Japan



Sunday, November 5		
08:30 – 09:00	SRF	Jiyuan Zhai Zusheng Zhou Shaopeng Li Fusan Chen
09:00 – 09:30	RF power source	
09:30 – 10:00	Cryogenic system	
10:00 – 10:30	Magnet	
10:30 – 11:00	Coffee (30')	

Informal Mini-Review of CEPC-SPPC CDR

November 4 – 5, 2017, IHEP, Main Building, Room A415

Agenda (draft v2. 09/14/2017)

Saturday, November 4		
08:30 – 08:35	Welcome	Yifang Wang Chenghui Yu Dou Wang Yiwei Wang Yuan Zhang
08:35 – 09:10	Overview of beam dynamics	
09:10 – 09:40	Parameters	
09:40 – 10:10	Optics	
10:10 – 10:40	Dynamic aperture	
10:40 – 11:10	Coffee (30')	
11:10 – 11:40	Beam-beam	Yuan Zhang Na Wang Sha Bai
11:40 – 12:10	Instabilities	
12:10 – 12:40	Machine-detector interface	
12:40 – 14:00	Lunch	
14:00 – 14:30	Injection and extraction	Xiaohao Cui Tianjian Bian Cai Meng
14:30 – 15:00	Booster	
15:00 – 15:30	Linac and sources	
15:30 – 16:00	Coffee (30')	
16:00 – 16:30	Synchrotron radiation	Yadong Ding Jingyu Tang Qingjin Xu All
16:30 – 17:00	Overview of SPPC	
17:00 – 17:30	SC magnet for SPPC	
17:30 – 18:30	Discussion	
19:00	Dinner	

高能环形正负对撞机（CEPC）加速器预研进展

- ◆ **Polarized electron gun**
 - ⇒ Super-lattice GaAs photocathode DC-Gun
- ◆ **High current positron source**
 - ⇒ bunch charge of $\sim 3\text{nC}$,
 - ⇒ 6Tesla Flux Concentrator peak magnetic field
- ◆ **SCRF system**
 - ⇒ High Q cavity - Max operation $Q_0 = 2\text{E}10 @ 2\text{K}$
 - ⇒ High power coupler - 300kW (Variable)
- ◆ **High efficiency CW klystron**
 - ⇒ Efficiency goal $> 80\%$
- ◆ **Low field dipole magnet (booster)**
 - ⇒ $L_{\text{mag}}=5\text{m}$, $B_{\text{min}}=30\text{Gs}$, Errors $< 5\text{E}-4$

- ◆ **Vacuum system**
 - ⇒ 6m long cooper chamber
 - ⇒ RF shielding bellows
- ◆ **Electro-static separator**
 - ⇒ Maximum operating field strength: 20kV/cm
 - ⇒ Maximum deflection: 145 urad
- ◆ **Large scale cryogenics**
 - ⇒ 12 kW @4.5K refrigerator, Oversized,
 - ⇒ Custom-made, Site integration
- ◆ **HTS magnet**
 - ⇒ Advanced HTS Cable R&D: $> 10\text{kA}$
 - ⇒ Advanced High Field HTS Magnet R&D: main field 12~12T

.....



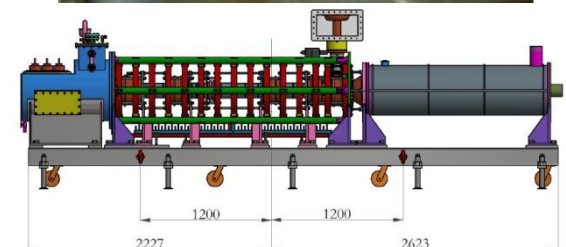
N-doping of 650MHz
1-cell cavities



Vertical test of
650MHz 1-cell cavity



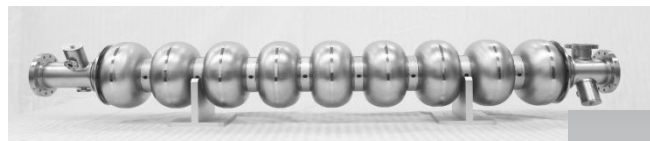
High voltage DC Gun



Mechanical design of conventional klystron

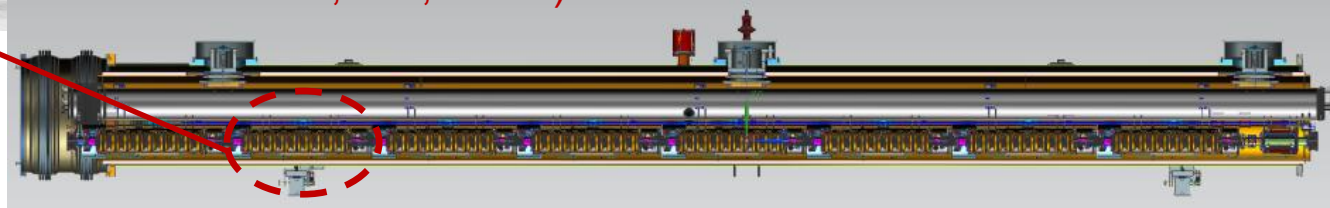
Superconducting cavities for CEPC

	Cavity amount	Cryomodule amount	Gradient (MV/m)	Q for long period	Gradient in horizontal test (MV/m)	Q in horizontal test	Gradient in vertical test (MV/m)	Q in vertical test
650 MHz 2-cell cavity	240	40	19.7	1.5E10	22	2E10	22	4E10
1.3 GHz 9-cell cavity	96	12 (96/8)	19.8	1E10	22	2E10	24	3E10

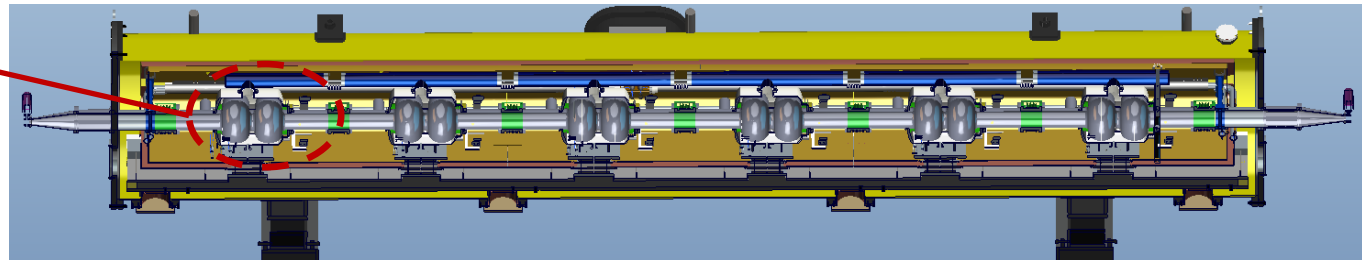


1.3 GHz 9-cell cavity

1.3 GHz Cryomodule (8 cavities inside, as E-XFEL, LCLS-II, ILC, SCLF)



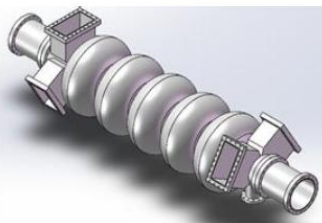
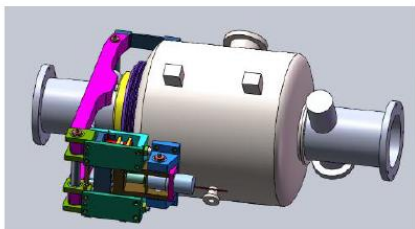
650 MHz 2-cell cavity



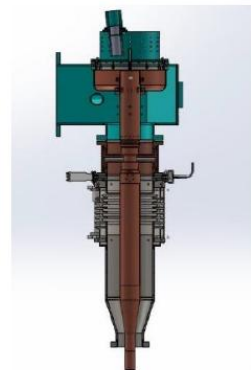
650 MHz Cryomodule (6 cavities inside)

CEPC超导高频关键技术预研究

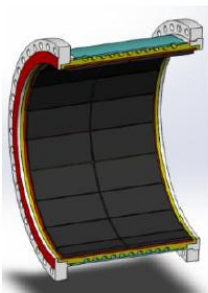
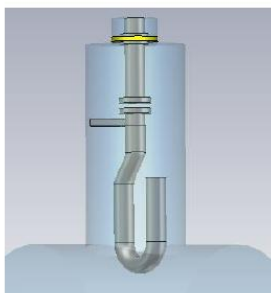
科技部及北京市项目（2016-2019年设计研制）



650 MHz
2-cell cavity & tuner
5-cell cavity
 $Q > 2E10 @ 20 \text{ MV/m}$

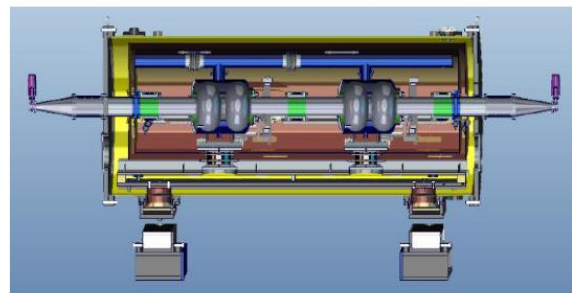


650 MHz
variable coupler
300 kW



HOM coupler
1 kW

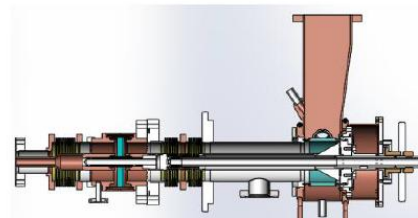
HOM absorber
5 kW



650 MHz & 1.3
GHz cryomodule
< 5 W @ 2K



1.3 GHz TESLA cavity (high Q high gradient study)

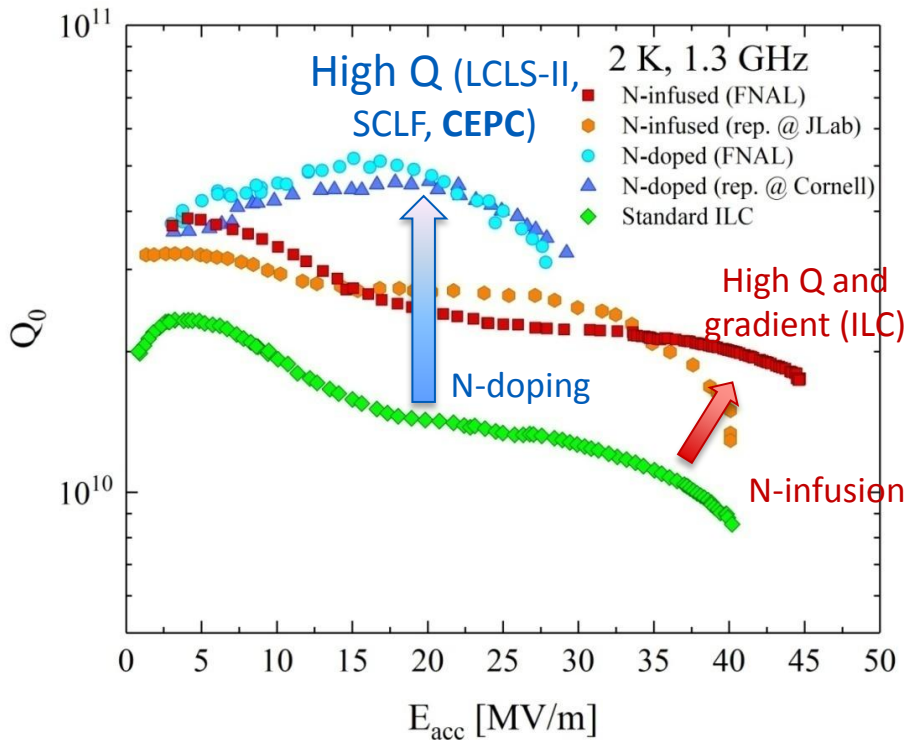


1.3 GHz
variable coupler
20 kW

Challenges of High Q

World-wide effort

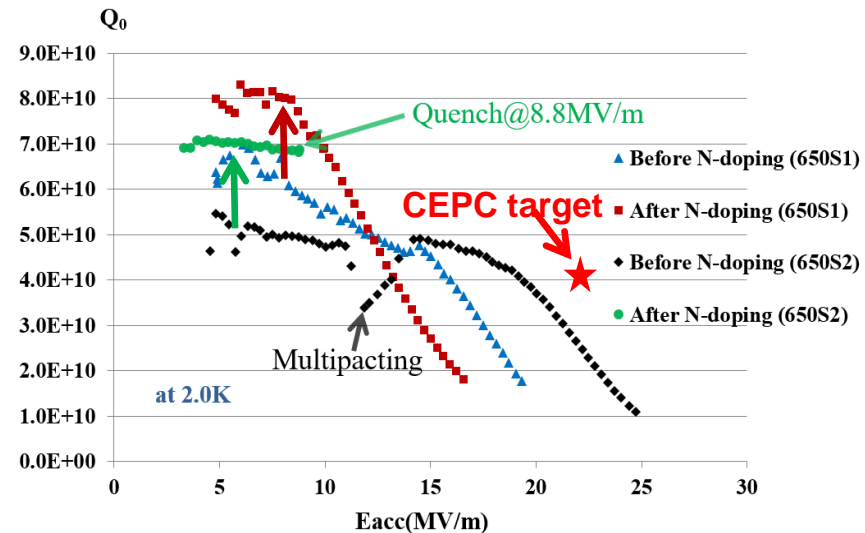
- The cavity loss is inversely proportional to Q (Quality Factor). If Q is increased by 100%, cavity loss would be reduced by 50%. Therefore, CEPC cavities **should achieve high Q** to reduce the construction and operation cost of the cryogenic system.
- **N-doping** can reduce BCS resistance of cavity made by bulk Nb significantly, which can increase Q by **1~2 times**.
- It was firstly discovered at FNAL in 2012, and has been adopted by LCLS-II immediately.



A. Grassellino, ICFA seminar 2017

IHEP tests

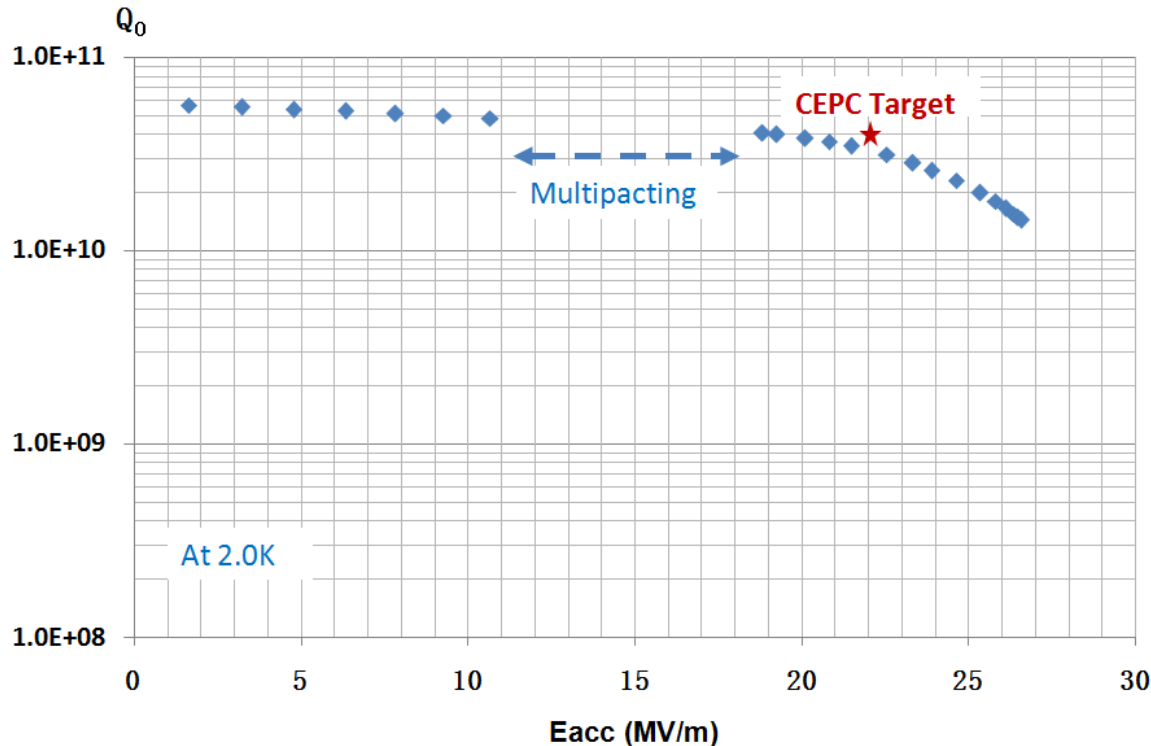
Post N-doping Q increased obviously at low field for both cavities. Next, Increase Q at high field by improving N-doping technology.



Vertical test results of 650 MHz single-cell cavity

Note: N-infusion is similar as N-doping, but with lower temperature.

Vertical test of CEPC 650 MHz 2-cell Cavity

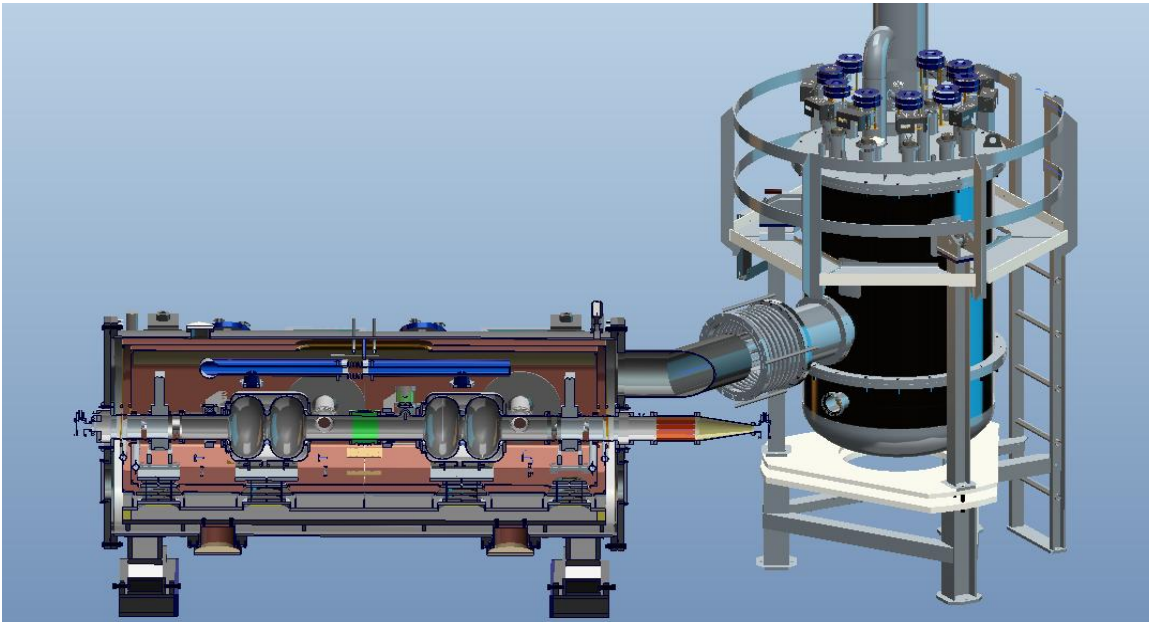


Vertical test result: $Q_0=4.0E10@19.2MV/m$, which is close to the CEPC target ($Q_0=4.0E10@22.0MV/m$). Next, the CEPC target will be achieved by N-doping and EP, etc.

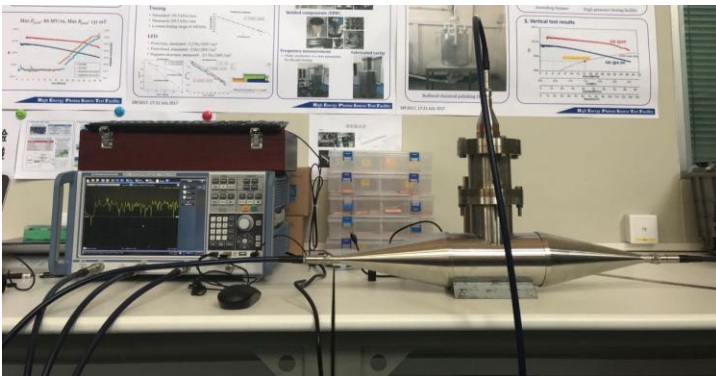


Vertical test of CEPC 650MHz 2-cell cavity

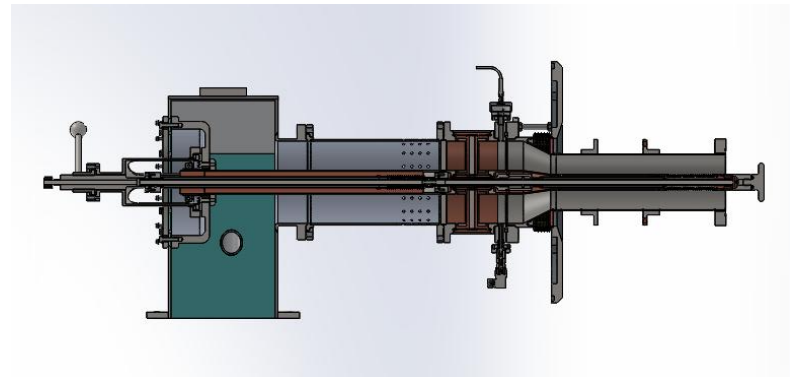
Test cryomodule of CEPC 650 MHz SRF



Design of the test cryomodule is underway, which consist of two 650MHz 2-cell cavities and other components. The assembly will be finished in the middle of 2019.



Test of HOM coupler



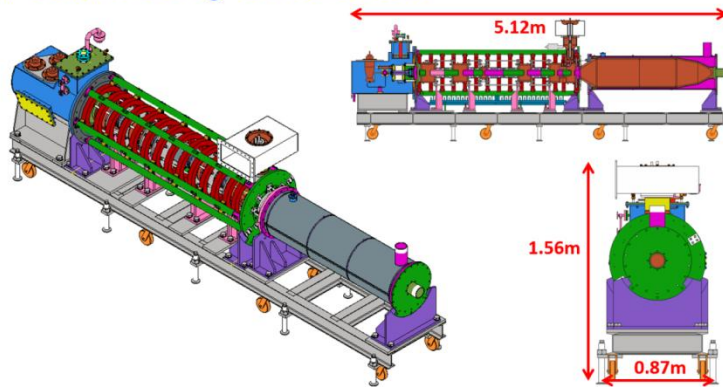
Design of main coupler is finished

功率源研发、联合企业进行效率提升



Conventional Klystron Prototype

- Mechanical design has been finalized and reviewed by the klystron development experts in China, fabrication will be started soon.
- Infrastructure (large baking furnace, high power testing stand, etc.) is being constructed.



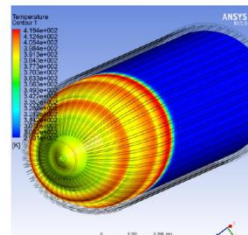
新型高功率、高效率速调管设计

Parameters mode	Now	Future
Centre frequency (MHz)	650+/-0.5	650+/-0.5
Output power (kW)	800	800
Beam voltage (kV)	80	70
Beam current (A)	16	15
Efficiency (%)	65	80

与企业合作，
开展高功率、
高效率速调
管研制



Gun assembly

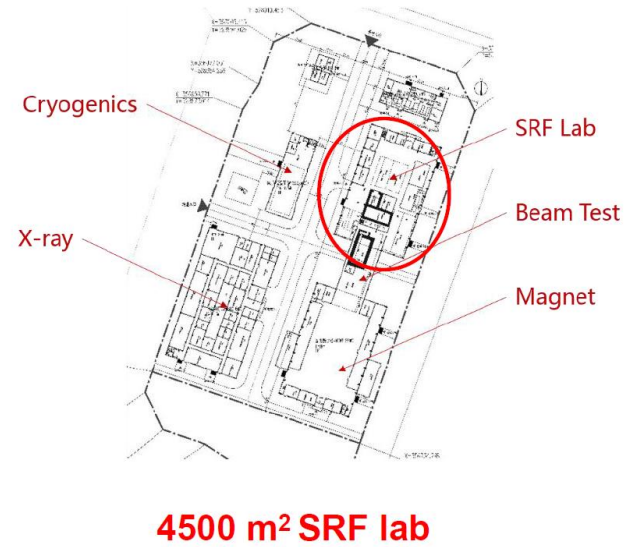


Collector design

先进光源测试平台

Platform of **Advanced Photon Source** Technology R&D, Huairou Science Park, Huairou, Beijing

Construction: 2017 - 2019
Ground Breaking: May 31, 2017



- 500M RMB funded by city of Beijing
- Construction: May 2017 – June 2020
- Include RF system & cryogenic systems magnet technology, beam test, etc.

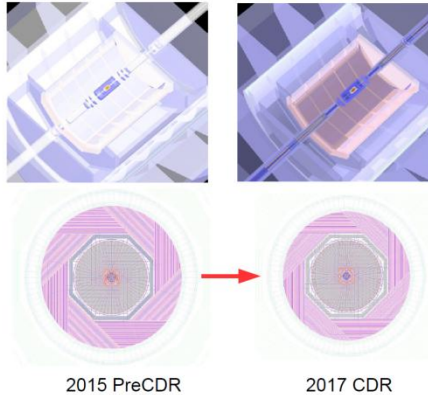


高能环形正负对撞机 (CEPC) 探测器-模拟进展

模拟: CDR 基线探测器 **APODIS** 设计

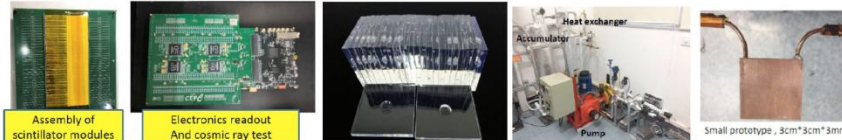
(APFA Oriented Detector for Higgs factory, a.k.a CEPC_v4)

- 相对 LHC 实验
 - 径迹精度提高一个量级
 - 喷注精度提高 3-4 倍 (使用 Arbor 算法)
 - 光子测量精度降低 30-50%
- 性能比较 (相对 ILD, CEPC-v1):
 - 在 Higgs 测量方面性能基本一致
 - 大大增强了 Kaon id 性能, 以支持 CEPC Z pole 测量
- 功耗、造价、重量大幅下降
 - 电磁量能器功耗削减 80%
 - 强子量能器厚度削减 20%
 - 磁铁重量下降削减 60-70%
 - 造价削减 30%



量能器进展

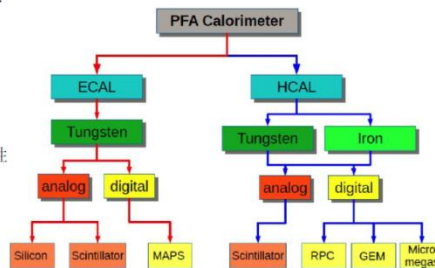
- 高粒度量能器是 CEPC 探测器核心。对粒子鉴别、光子及喷注重建不可或缺
- 围绕各系统、各技术选型, 进行大量预研
 - Si-ECAL (基线): 优化研究
 - Sc-ECAL: 设计优化, 显著提升均匀性
 - MPGD-HCAL: 制作单元样机, 电子学读出设计和性能测试等
 - RPC-HCAL: 加入 CALICE、进行优化和算法研究, 显著提高粒子鉴别和能量重建, 参与制作 RPC
 - 冷却系统: CO₂ 冷却系统预研
 - 发表论文 7 篇



Sc-ECAL 读出单元及单层样机

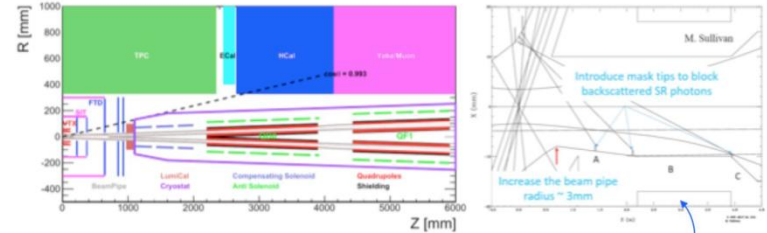
Sc-HCAL 国产闪烁单元 NDL-SiPM 测试

冷却系统测试



MDI 研究

- 针对新的双环、交叉角等设计, 与加速器合作重新设计对撞区 → 加速器、探测器正常工作的关键, 极具挑战性和研究价值



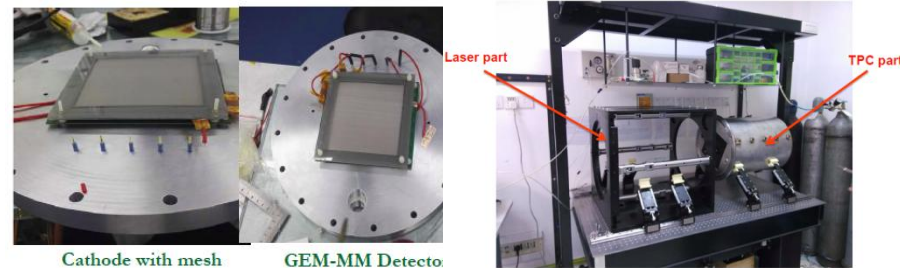
- 详细研究了束流、机器引入的探测器本底, 初步确定探测器设计要求
 - 击中密度 2.5 hits/cm²/BX, 年值 TID ~ 2.5 MRad, NIEL ~ 10¹² n_{eq}/cm²
- 与 SLAC 专家合作基本解决同步辐射问题, 提出屏蔽方案
- 初步评审, 针对意见改进设计, 完善计算结果 → 按计划完成 CDR
- 未来计划: 细化对撞区设计, 重点考虑对撞区内机器、探测器部件安装程序; 计划参与 SuperKEKB/Belle-II 束流本底研究工作

2017

基本可保证在 CEPC 对撞环境中工作 & 已整合到全模拟工具中

时间投影室 TPC 探测器关键技术研制进展

- 1、针对探测器模块研究解决正离子反馈问题
- 2、面向高分辨径迹标定研究原型机激光刻度方法
- 3、积极参与 LC-TPC 国际合作

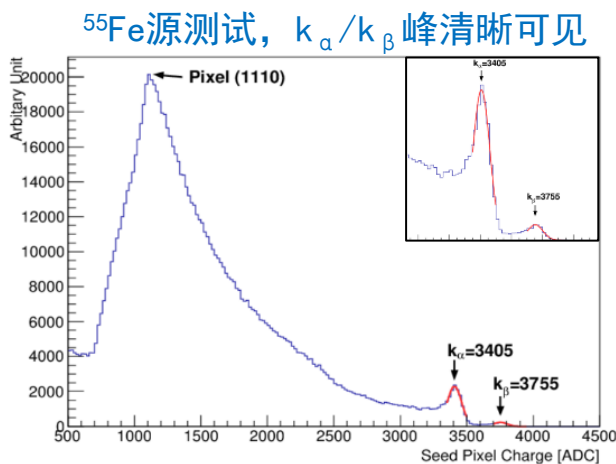
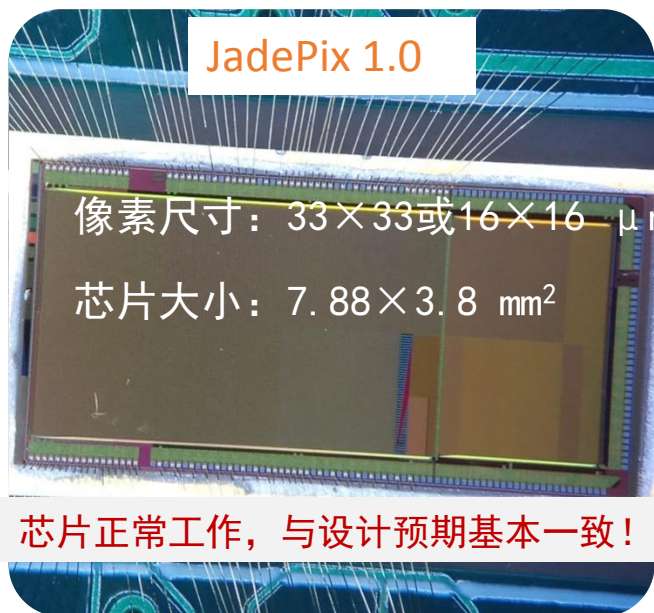


Cathode with mesh

GEM-MM Detector

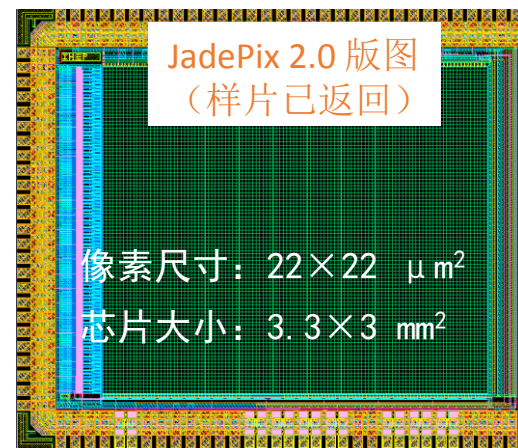
先自主研发高精度，低质量像素探测器芯片

- 硅像素探测器需要实现高位置分辨率(3-5微米), 同时兼顾抗强辐照、低功耗、低质量等要求。可以应用于航空航天、安全检测等重要领域。
- 瞄准国际前沿技术发展方向，基于新型CMOS工艺，设计高度集成的硅像素探测器（高分辨率、低功耗、低质量）。交付流片成功。
- 在首次流片基础上，探索耗尽型像素结构和新型读出架构，设计紧凑型像素内电路和外围读出电路。
- 继续提高芯片性能，逐渐过渡到大面积原型样机研制（高速读出、碳纤维支撑结构、高精度组装工艺等）



今年8月底德国DESY束流测试，标定芯片位置分辨率等关键性能。

上海 2018.6.21

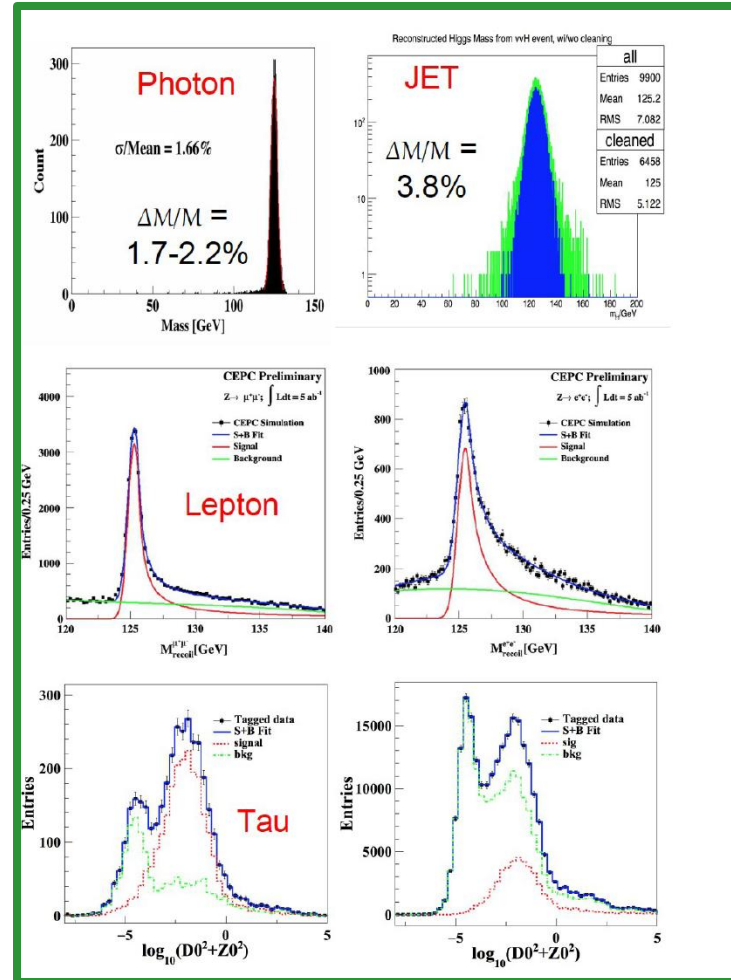
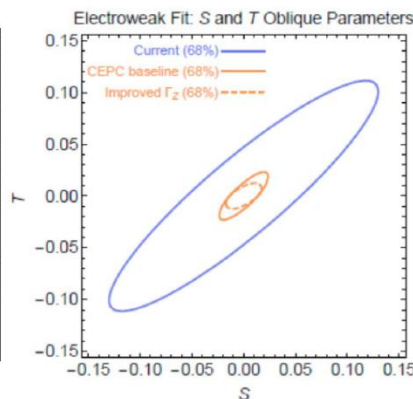
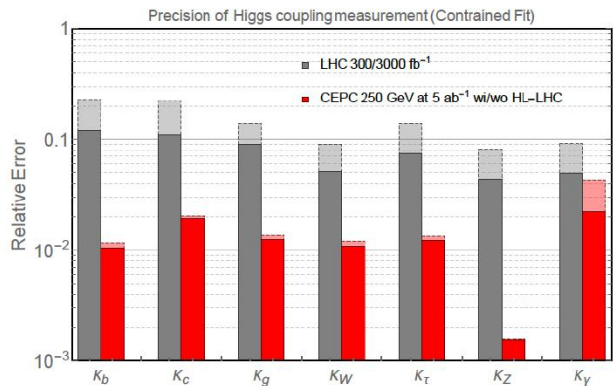


中国JadePix芯片系列

CEPC Detector performance & physics measurement

深入理解 CEPC 的物理潜力

- 分析表明，CEPC 基线探测器及重建算法可准确区分、测量不同物理事例，保证了 Higgs 粒子和电弱可观测量的测量精度
 - Higgs 粒子测量：精度在 HL-LHC 水平上提升一个量级
 - 电弱测量精度在现有水平上至少提升一个量级



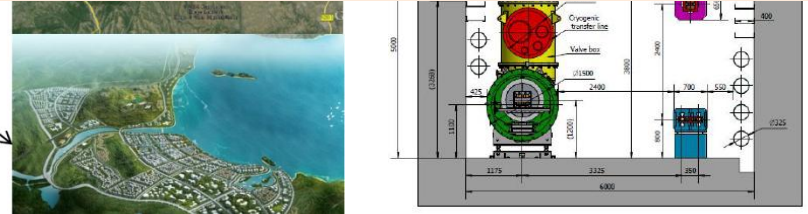
高能环形正负对撞机 (CEPC)



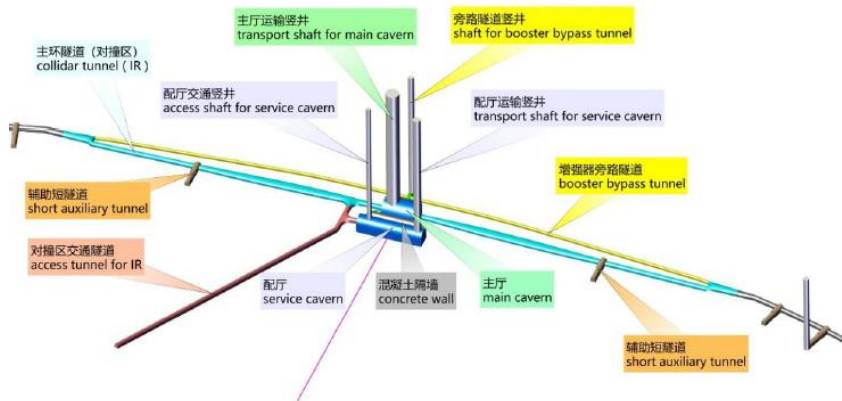
- ✓ 积极进行选址工作
- ✓ 设施设计
- ✓ 施工方案
-

CEPC在多省市进行了实地选址勘探工作，获得了当地政府的欢迎和支持，获得了选址地的实际勘探一手资料。

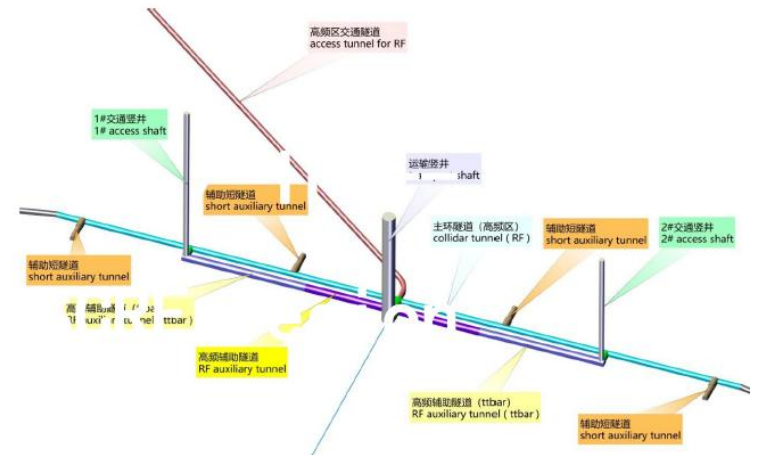
- 1) Qin huang dao, Heihe (Completed in 2014)
- 2) Huangting, Shanxi (Completed in 2017)
- 3) Shen shan, Guangdong (Completed in 2016)
- 4) Baoding (Xiong an), Hebei (Started in August 2017, near Beijing)
- 5) Zhejiang (under contact)
- 6) Jiangsu (under contact)



CEPC Interaction Region



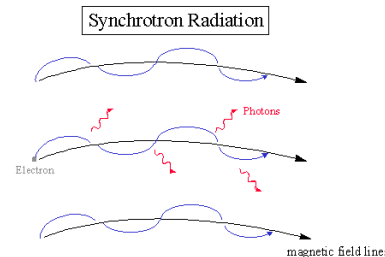
CEPC Injection Region



项目规划 Project Development : 高能伽马同步光源 γ light

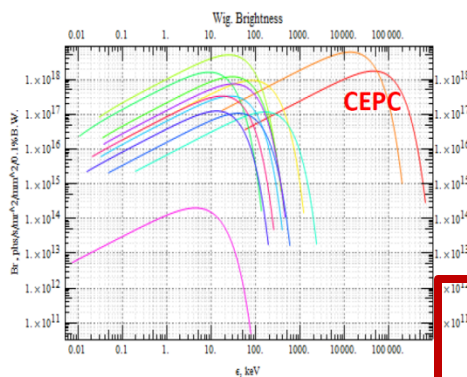
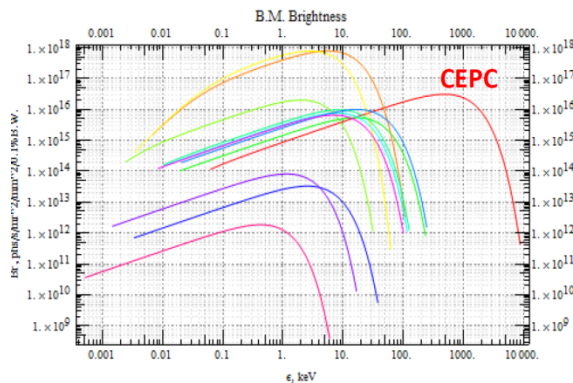
CEPC也是高能同步辐射光源

- 从环上的二极铁引出的高能同步辐射光，能量可达**628keV**，超过目前所有正在运行和在建光源光子能量
- 使用扭摆磁铁或波荡器后，光子能量可以超过**20MeV**
- 前所未有的**MeV级同步辐射光源**，可能的应用
 - 核物理、国防、材料结构及缺陷、微加工、极端条件、高压、辐照改性、育种。。。



高能所组织BEPcII上研究 γ 光源探索

- 规划实验
- 申请经费
- 引进人才
- 理论-实验探索



开辟新的科研手段

第一次国内研讨会

第一届CEPC同步辐射光源应用研讨会
(6-8 Dec, 2017, IHEP, Beijing)
<http://indico.ihep.ac.cn/event/7186/>

SppC Design Scope (201701 version)

• Baseline design

- Tunnel circumference: 100 km
- Dipole magnet field: 12 T, iron-based HTS technology (IBS)
- Center of Mass energy: >70 TeV
- Injector chain: 2.1 TeV

***Top priority: reducing cost!
Instead of increasing field***

• Upgrading phase

- Dipole magnet field: 20 -24T, IBS technology
- Center of Mass energy: >125 TeV
- Injector chain: 4.2 TeV (adding a high-energy booster ring in the main tunnel in the place of the electron ring and booster)

• Development of high-field superconducting magnet technology

- Starting to develop required HTS magnet technology before applicable iron-based wire is available
- ReBCO & Bi-2212 and LTS wires be used for model magnet studies and as an option for SPPC: stress management, quench protection, field quality control and fabrication methods

高能环形正负电子对撞机 升级至SppC关键技术（超导磁铁）

大布局：2016年10月，“实用化高温超导材料产学研合作组”在中科院物理所成立。

执行委员会 (姓氏拼音排序)

陈仙辉	中国科技大学
蔡传兵	上海大学/ 上创超导
李贻杰	上海交通大学/ 上海超导
马衍伟	中科院电工研究所
王贻芳	中科院高能物理所
张平祥	西北有色院
周兴江	中科院物理研究所



顾问委员会 (姓氏拼音排序)

甘子钊	北京大学
李言荣	电子科技大学
林良真	中科院电工研究所
万元熙	中国科学技术大学
吴茂昆	台湾中研院
薛其坤	清华大学
张裕恒	中国科学技术大学
赵忠贤	中科院物理研究所
周廉	西北有色院

- “合作组”工作目标：**铁基超导材料**金属性显著，相对于陶瓷性的铜基超导材料，具有更好的机械性能，易加工，我国在相关机理及材料研究方面国际领先；以此为重点突破口，同时继续发展具有一定基础的ReBCO及Bi-2212材料，10~15年内实现高温超导线材的规模量产及性价比显著提升，推动高温超导技术在科研（大科学工程、科学仪器）及民用领域（医疗、能源、电力、交通）的广泛应用，带动我国相关**数千亿产值**的产业技术水平的提升。
- “合作组”工作推进方式：按**机理与材料选择、超导线制备、性能评价及磁体技术**分为六个工作组，定期召开合作组会：2016年12月中科院电工所第一次，2017年2月西北有色院第二次，2017年5月上海大学第三次，……
- 积极向科技部等部门申请项目经费，推动成立“专项”对“合作组”的工作给予长期稳定支持；同时鼓励及争取相关企业持续投入**匹配研发经费**协同发展。

高场超导二极试验磁体研制



通过采用不同的超导材料（NbTi, Nb₃Sn, HTS），研制高场试验磁体，逐步提高磁体场强及场均匀度，探索并掌握其中关键技术。

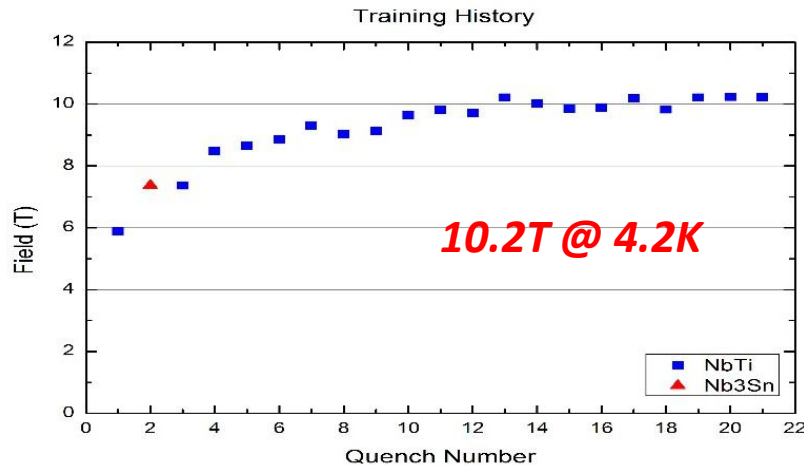
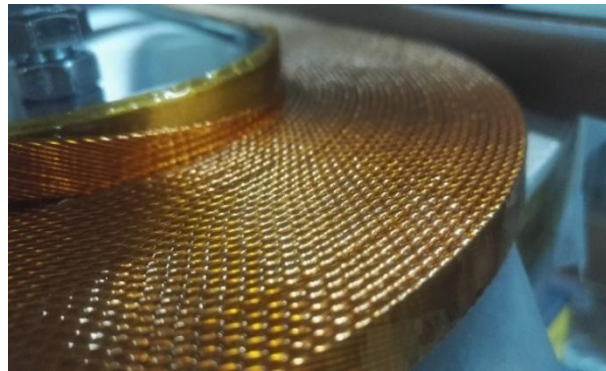
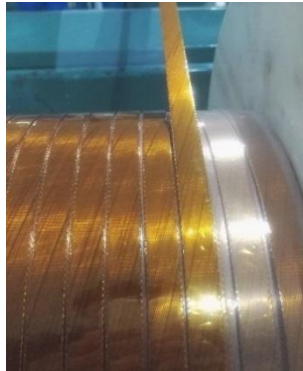
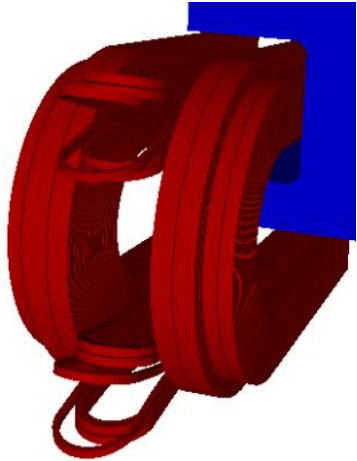
NbTi+Nb₃Sn, 2* ϕ 10 aperture



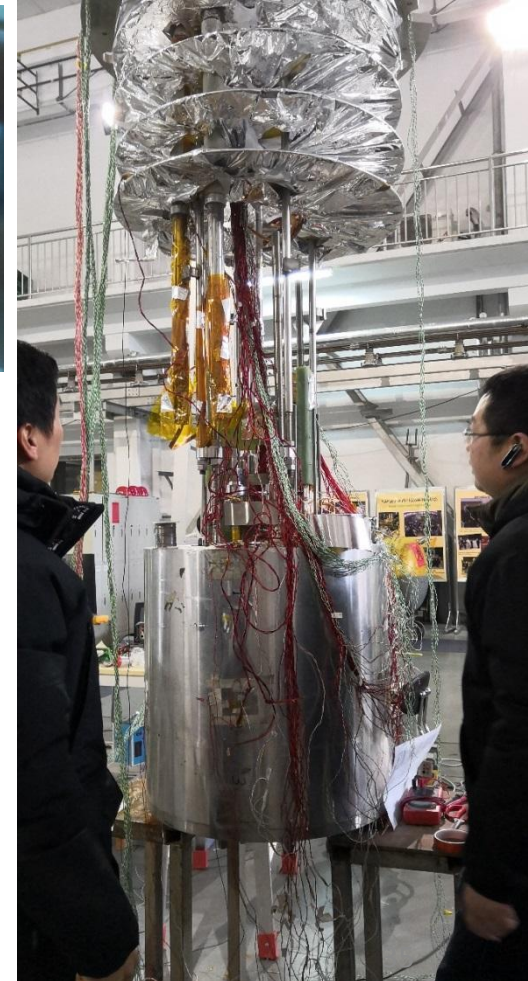
All Nb₃Sn, 2* ϕ 20 aperture



Nb₃Sn+HTS, 2* ϕ 30 aperture



第一个试验磁体(NbTi+Nb₃Sn)性能测试于2018年2月初完成, 2018.6.21



高能环形正负对撞机（CEPC）国际合作

- ✓ All accelerator subsystem working groups have established data base of potential international collaboration experts
- ✓ All accelerator subsystems have at least one international collaboration expert in the subsystem working groups

International collaboration with major

- ✓ IHEP-BINP (Russia) MoU (Jan 2016)
- ✓ IHEP-KEK (Japan) MoU (Sept 2017)
- ✓ IHEP-MEPHI (Russia) (Nov 2017)
- ✓ IHEP-IEF (University of Rostock, Rostock,
- ✓ IHEP-Jlab (USA) MoU update is considered
- ✓ With CERN and Dubna high level collaboration will progress

IAC advice

Cooperation with ILC, FCC(ee)

Establish & strengthen collaborations

1st CEPC EU workshop, Rome (May 2018)

Contribution to intl. project (HL-LHC magnet contr., ATLAS, CMS upgrades, ...)

Welcome new people

European PP Strategy

.....

International workshop on CEPC

International Advisory Committee

Young-Kee Kim, U. Chicago (Chair)
Barry Barish, Caltech
Hesheng Chen, IHEP
Michael Davier, LAL
Brian Foster, Oxford
Rohini Godbole, CHEP, Indian Institute of Technology
David Gross, UC Santa Barbara
George Hou, Taiwan U.
Peter Jenni, CERN
Eugene Levichev, BINP
Lucie Linssen, CERN
Joe Lykken, Fermilab
Luciano Maiani, Sapienza University of Rome
Michelangelo Mangano, CERN
Hitoshi Murayama, UC Berkeley/IPMU
Katsunobu Oide, KEK
Robert Palmer, BNL
John Seeman, SLAC
Ian Shipsey, Oxford
Steinar Stapnes, CERN
Geoffrey Taylor, U. Melbourne
Henry Tye, IAS, HKUST
Yifang Wang, IHEP
Harry Weerts, ANL

Scientific Committee

CEPC accelerator

- Philip Bambade (LAL)
- Anton Bogomyagkov (BINP)
- Yunlong CHI (IHEP)
- Jie GAO (IHEP)
- Sergei Nikitin (BINP)
- Carlo Pagani (Milano U. & INFN-LAS)
- Guoxi Pei (IHEP)
- Chenhui YU (IHEP)

SppC accelerator

- Kazuhito Ohmi (KEK)
- Robert Palmer (BNL)
- Jingyu Tang (IHEP)
- Davide Tommasini (CERN)
- Qingjin Xu (IHEP)

Theory

- Qing-Hong Cao (PKU)
- Nathaniel Craig (UCSB)
- Hongjian He (SJTU)
- XiaoGang He (SJTU)
- JianPing Ma (ITP)
- Maxim Perelstein (Cornell U.)
- Tilman Plehn (Heidelberg U.)
- Matthew Reece (Harvard U.)
- German Valencia (Monash U.)
- Liantao Wang (Chicago U.)

Detector

- Patrizia Azzi (INFN Padova)
- Daniela Bortoletto (Oxford)
- Massimo Caccia (INFN)
- Joao Guimaraes da Costa (IHEP)
- Yaquan Fang (IHEP)
- Roberto Ferrari (INFN)
- Yuanning Gao (THU)
- Sasha Glazov (DESY)
- Imad Laktineh (IPNL)
- Jianbei Liu (USTC)
- Wang Meng (SDU)
- Soeren Prell (Iowa State U.)
- Manqi Ruan (IHEP)
- Charlie Young (SLAC)

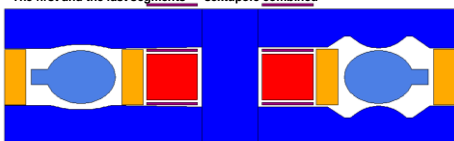
<http://indico.ihep.ac.cn/event/6618>
Global contribution to this workshop

CEPC Industrial Promotion Consortium (CIPC)

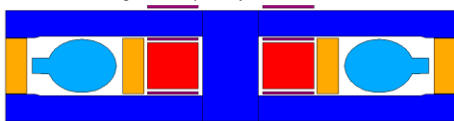
CEPC产业促进会成立 (2017年11月7日)



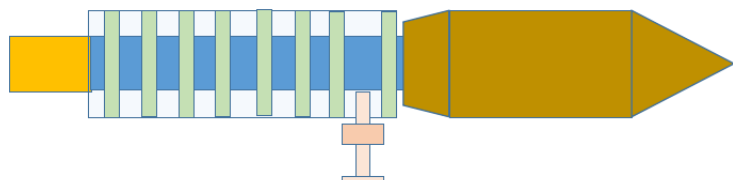
The first and the last segments - sextupole combined



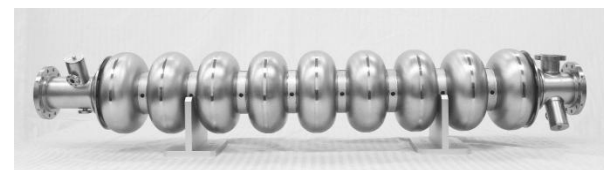
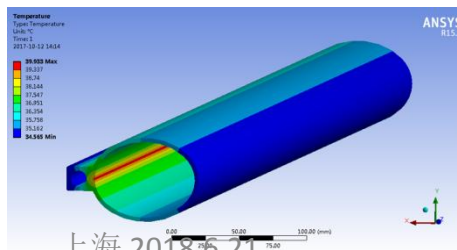
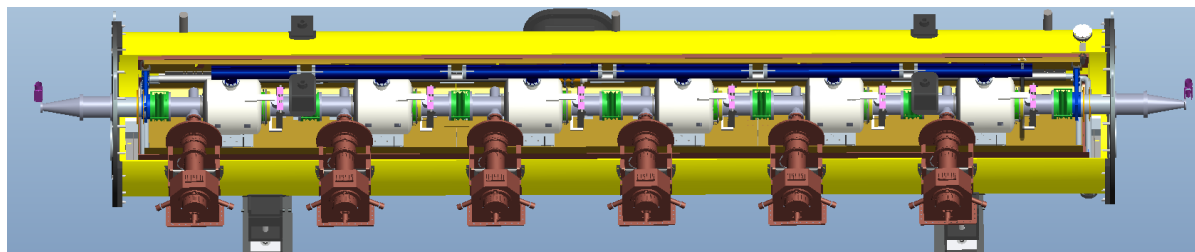
The three middle segments - dipole only



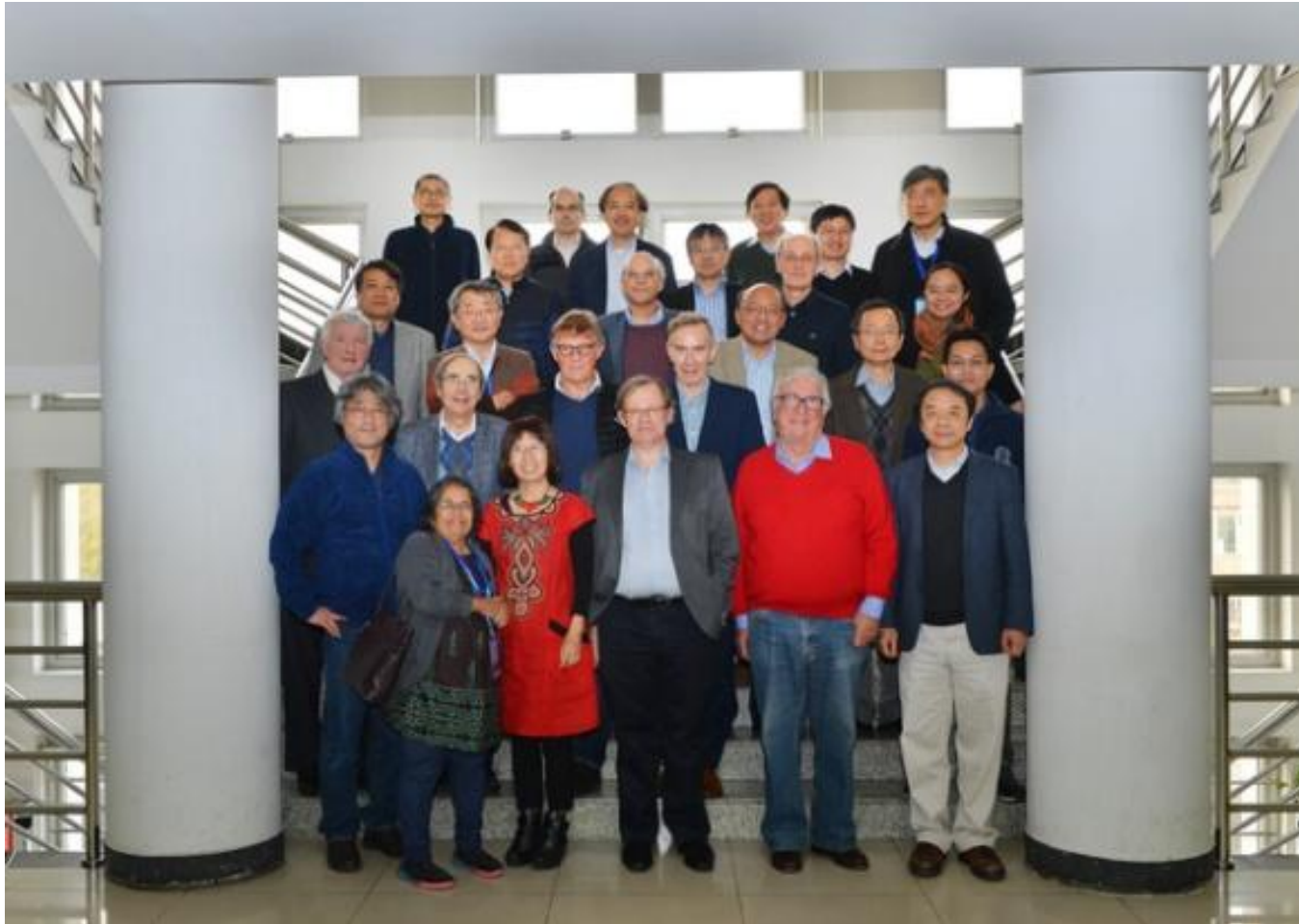
- Core - steel
- Radiation shielding - lead
- Main coil - aluminum
- Trim coil - aluminum



High Efficiency RF cavity section



CEPC International Collaboration - IAC



The third CEPC-SppC International
Advisory Committee Meeting
Nov 8-9, 2017, Beijing

上海 2018.6.21

CEPC Funding

IHEP seed money

11 M CNY/3 years (2015-2017)

国家重点研发计划
项目预申报书 **FY 2016**

Ministry of Science and Technology
Requested 45M RMB; **36M RMB approved**

R&D Funding - NSFC

Increasing support for CEPC D+RD by NSFC
5 projects (2015); 7 projects(2016)

CEPC相关基金名称 (2015-2016)	基金类型	负责人	承担单位
高精度气体径迹探测器及激光校正的研究 (2015)	重点基金	李玉兰/ 陈元柏	清华大学/ 高能物理研究所 <small>Tsinghua IHEP</small>
成像型电磁量能器关键技术研究(2016)	重点基金	刘树彬	中国科技大学 <small>USTC</small>
CEPC局部双环对撞区挡板系统设计及螺线管场补偿 (2016)	面上基金	白莎	高能物理研究所
用于顶点探测器的高分辨、低功耗SOI像素芯片的若干关键问题的研究(2015)	面上基金	卢云鹏	高能物理研究所
基于粒子流算法的电磁量能器性能研究 (2016)	面上基金	王志刚	高能物理研究所
基于THGEM探测器的数字量能器的研究(2015)	面上基金	俞伯祥	高能物理研究所
高粒度量能器上的通用粒子流算法开发(2016)	面上基金	阮曼奇	高能物理研究所
正离子反馈连续抑制型气体探测器的实验研究 (2016)	面上基金	祁辉荣	高能物理研究所
CEPC对撞区最终聚焦系统的设计研究(2015)	青年基金	王逗	高能物理研究所
利用耗尽型CPS提高顶点探测器空间分辨精度的研究 (2016)	青年基金	周扬	高能物理研究所
关于CEPC动力学孔径研究(2016)	青年基金	王毅伟	高能物理研究所

项目名称:

高能环形正负电子对撞机相关的物理和关键技术预研究

所属专项:

大科学装置前沿研究

指南方向:

新一代粒子加速器和探测器关键技术和方法的预先研究

推荐单位:

教育部

申报单位: (公章)

清华大学

项目负责人:

高原宁

~60M CNY CAS-Beijing fund, talent program

~500M CNY Beijing fund (light source)

year 2017 funding request (~31M) to MOST approved

CEPC团队利用各类经费全面开展设计、关键技术预研究、选址等重要工作

清华大学, 中国科技大学, 山东大学
上海交大, 南京大学, 西北工业大学,
华师, 高能所等单位

项目规划- **Future Development**

高能环形正负电子对撞机

(**Circular Electron-Positron Collider**)

- 关键技术预研究、样机建造
- 选址及设施
- 技术设计报告 **TDR**
- **CEPC**项目培育
- 经费、国际合作、工业联盟

CEPC 设想-规划



- CEPC data-taking starts before the LHC program ends around 2035
- earlier than the FCC(hh, ee)
- possibly con-current, but advantageous and complimentary to the ILC

CEPC 规划

- 关键技术预研、样机项目 – 高质量进行
- 国际合作 –
 - 争取更多国际参加；
 - 争取进入欧洲粒子物理战略规划，美国P5；
 - 走出去进行CEPC工作（科学院国际大科学培育项目）；
 - 做好LHC各个实验。
 -
- 开展技术设计TDR 工作
-
- 推动CEPC进入“我国发起的国际大科学计划”培育项目
-
- 完善CEPC各方面，为国家选择、实施做好充分的准备。

实现CEPC的路径？

国务院：“积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程”

国发〔2018〕5号（2018.3.14）

http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-03/28/content_5278056.htm

“国际尖端，科学前沿。适应大科学计划基础性、战略性和前瞻性特点，聚焦国际科技界普遍关注、...”，“战略导向，提升能力。”，“中方主导，合作共赢。”，“创新机制”

“主要目标:

总体目标: 通过牵头组织大科学计划，在世界科技前沿和驱动经济社会发展的关键领域，形成具有全球影响力的大科学计划布局，开展高水平科学研究，培养引进顶尖科技人才，增强凝聚国际共识和合作创新能力，提升我国科技创新和高端制造水平，推动科技创新合作再上新台阶，努力成为国际重大科技议题和规则的倡导者、推动者和制定者，提升在全球科技创新领域的核心竞争力和话语权。

近期目标: 到2020年，培育3—5个项目，研究遴选并启动1—2个我国牵头组织的大科学计划，初步形成牵头组织大科学计划的机制做法，为后续工作探索积累有益经验。

中期目标: 到2035年，培育6—10个项目，启动培育成熟项目，形成我国牵头组织的大科学计划初期布局，提升在全球若干科技领域的影响力。

远期目标: 到本世纪中叶，培育若干项目，启动培育成熟项目，我国原始科技创新能力显著提高，在**实现CEPC的一个可能的通道**等重大科技议题作出贡献。”

小结

➤ CEPC

- 在希格斯、**Z**、**W**玻色子研究和国际竞争中其优越性能和时间节点上都处优势。
- 以希格斯，**Z**和**W**粒子为窗口，深入研究标准模型并寻找新物理和新现象。
- 是基于我国高能物理三十多年来的发展和积累而提出。
- CEPC**的设计保留了多种升级可能，可长期引领世界高能物理前沿。
- 通过**CEPC**我们可以实现一系列重大技术领先，高端推动高新科技企业的发展。

➤ **CEPC**团队开展设计（**2018**完成）、关键技术预研究、国际科学技术合作、以及联合了**50**多家公司成立了产业联盟，推动预研成果在我国的产业化，为建设**CEPC**做工程准备。

➤ 在多省市进行了实地选址勘探工作，获得了当地政府的欢迎和支持，获得了选址地的实际勘探一手资料。

➤ **CEPC**规划和发展顺应国家大科学战略布局。

➤ 需要长期，持续和艰苦的努力。

感谢同事们对CEPC的投入、关心和指导。

讨论- Discussion

高能环形正负电子对撞机 (Circular Electron-Positron Collider)

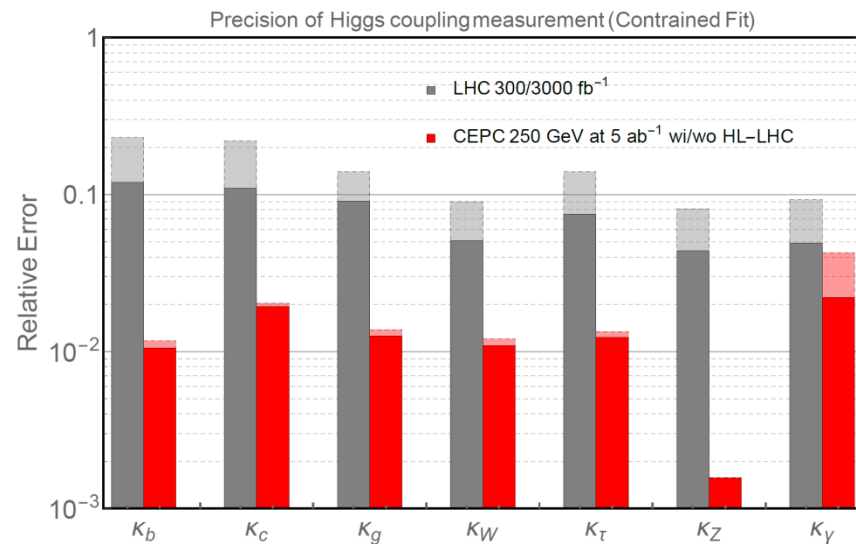
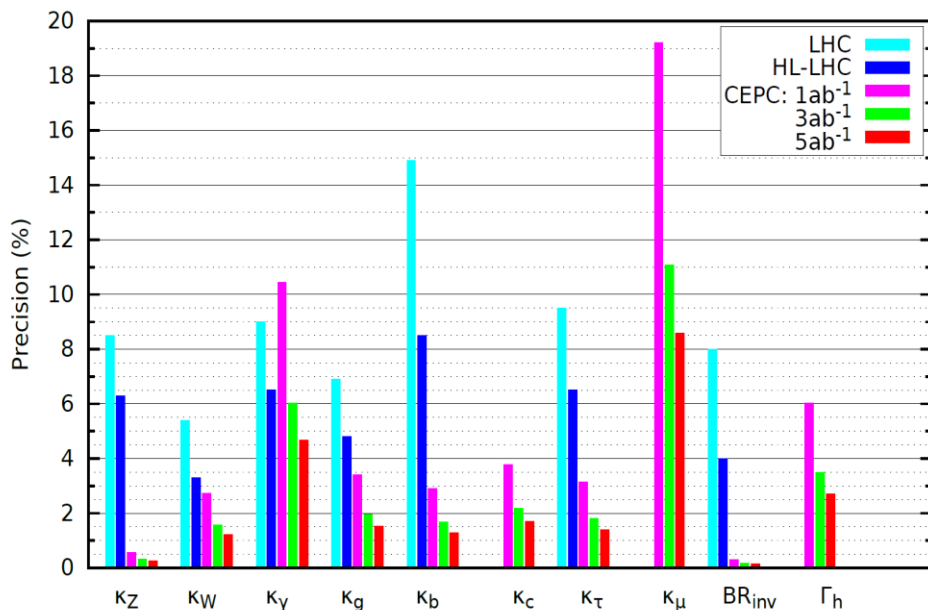
- 物理-科学目标: **CEPC**
- 研究队伍: 规模, 结构和发展, 关键人才
- **CEPC** 设计: 设计, 创新, ...
- 预研究经费: 争取经费支持, ...,
- 关键技术: 预研究, **LHC**升级参与, 创新, ...
- 国际合作, 工业联盟,
- 宣传高能物理, 公众关系, ...

科学院, 国家层面的布局和论证

Backup Slides

高能环形正负电子对撞机（CEPC）：物理-科学目标

- Higgs 参数、耦合的精确 ($\leq 1\%$) 测量 - 超越LHC精度
- Higgs产生机制
- 暗物质、新粒子寻找
- 新物理
- Z物理, 弱电精确测量
-



CEPC Detector: more compact & updated for CDR

Feasibility & Optimized Parameters

Feasibility analysis: TPC and Passive Cooling Calorimeter is valid for CEPC

	CEPC_v1 (~ ILD)	Optimized (Preliminary)	Comments
Track Radius	1.8 m	≥ 1.8 m	Requested by Br(H \rightarrow di muon) measurement
B Field	3.5 T	3 T	Requested by MDI
ToF	-	50 ps	Requested by pi-Kaon separation at Z pole
ECAL Thickness	84 mm	84(90) mm	84 mm is optimized on Br(H \rightarrow di photon) at 250 GeV;
ECAL Cell Size	5 mm	10 – 20 mm	Passive cooling request ~ 20 mm. 10 mm should be highly appreciated for EW measurements – need further evaluation
ECAL NLayer	30	20 – 30	Depends on the Silicon Sensor thickness
HCAL Thickness	1.3 m	1 m	-
HCAL NLayer	48	40	Optimized on Higgs event at 250 GeV;

项目规划 Project Development : CDR概念设计报告

- 2018年3-4月- CEPC概念设计报告稿
- CEPC CDR内部评审 (2018.2.10)

Findings

目前在 $E=120\text{GeV}$ 时的设计亮度 $2.93 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ，接近CDR的要求 $3 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ，低于FCC-ee的 $8 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (@50MW)。

目前设计 $\beta_y^*=1.2\text{mm}$ 下在对撞区没加误差时的动力学孔径仍很临界，需要进一步优化。在 $E=120\text{GeV}$ 时的 $\xi_y=0.0109$ ，仍有增加的余地。

主环在Z能量运行时从0流强注入到满流强时理想情况下仍需要10小时，这样的设计风险较大。

可以提高LINAC能量到20GeV。这样，一方面减少注入时间，一方面可以降低地磁场效应从而减少调束时间。从整体上可以降低风险。而由于LINAC注入所占运行时间比例很低，其余时间可以用来做FEL，达到一机两用的目的。

Comments:

目前对束流阻抗预算和对单束团不稳定性、多束团耦合不稳定性，以及ECI和FII等不稳定性的研究，表明单束流强相关的参数选择在合理的范围，没有明显的不可克服的束流不稳定性。

Recommendations:

为了实现预定的亮度目标，并实现稳定的加速器性能，建议明确关键的物理和技术挑战，并给出细致自洽的解决方案。

可以对比FCC方案设计，并根据CEPC总体预算限制，优化CEPC整体设计参数（或许已经作了相应比较）。或许根据以往的设计经验和理论分析，总结相关设计的边界条件，从一个可行的方案（如选择一个能量进行优化，兼容其他能量）开始优化，并在此基础上讨论相关参数、因素的可能优化方向，探索相应的物理、技术挑战，评估其可行性，进一步提升整体方案性能的可行性。

继续研究把 y^* 压缩到1mm的可行性。

建议全面比较采用铜和铝真空盒下的束流性能

高能环形正负电子对撞机（CEPC）建设必要性

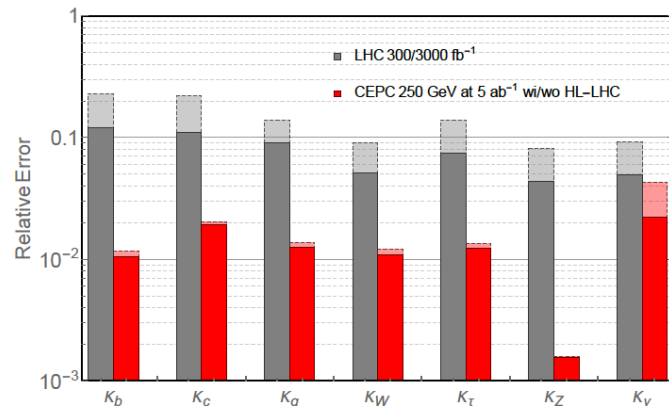
学科前沿、战略目标

- 希格斯粒子被发现后，标准模型粒子谱似乎已然完备。然而，大量未解之谜急需进一步的实验观测：

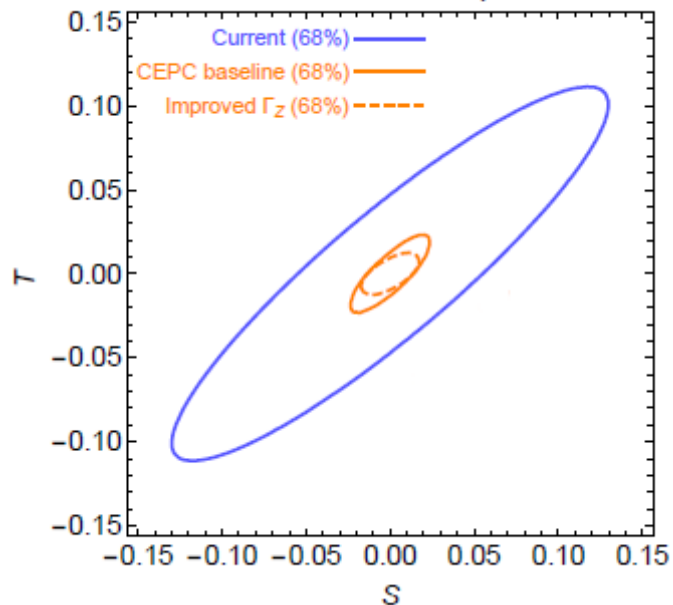
前沿科学问题

- LHC发现的粒子是否是标准模型希格斯？它是否是电弱对称性破缺的起源？是否是基本粒子？
 - 物理真空是否稳定？
 - 自然性？以何种形式、在哪个能标出现？
 - 暗物质、暗能量和希格斯粒子有何种关系？
- 精确检验希格斯粒子属性、寻找超越标准模型的新粒子和新物理现象等是粒子物理领域的核心任务。对希格斯粒子各种性质和电弱物理的测量研究也是通过精确检验标准模型来间接发现新物理的重要途径之一
 - 探测新物理需要对希格斯粒子测量的精度在HL-LHC水平上提升一个量级，提高1-2量级Z、W玻色子测量精度。
 - **CEPC产生百万干净希格斯事例， 10^{10} 以上Z,W事例，可以达到测量精度要求。前沿科学意义极为重大。**

CEPC 希格斯测量精度比HL-LHC有数量级的提高



CEPC 电弱测量精度有数量级的提高

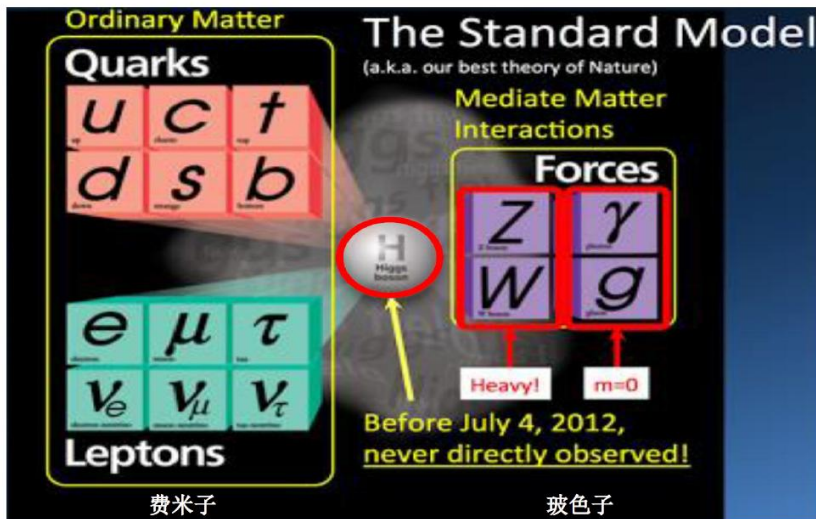


高能环形正负电子对撞机（CEPC）建设必要性

学科前沿、战略目标

希格斯玻色子Higgs的发现（2012）带来了机遇

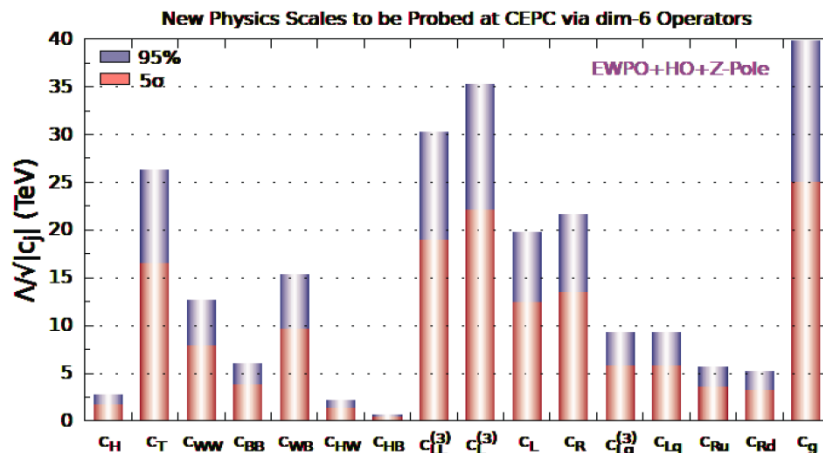
寻找新物理



Higgs 和所有费米子和 W^\pm/Z^0 作用 - 它和暗物质/新粒子/新物理世界相通吗

实验重点: Higgs是通向未知世界的窗口吗?

探测新物理至 10s TeV



S. Ge, H. He, R. Xiao, I603.03385

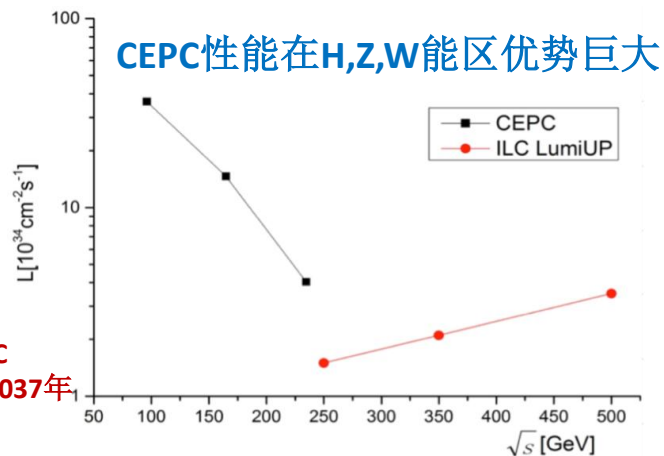
初步概念设计报告

CEPC直接+间接探测新物理至10s TeV能量尺度

高能环形正负电子对撞机（CEPC）建设必要性

国家需求、国内外发展态势、需求

- CEPC项目是高能物理学科前沿，结合**国家需求**，可达到下述战略目标：
 - 大大加强中国的高能物理研究，使中国在这一领域占据世界领导位置
 - 产生一批极其重要的物理观测结果
 - 激励相关关键技术的研究（包括超导、微波、低温、抗辐射、真空、电子、精密机械、大规模数据处理等关键技术），配合我国产业升级，CEPC可有效推动高科技企业的发展，同时培养大批技术人才。
- **发展态势：**
 - 以正负电子对撞机为基础的Higgs粒子工厂、Z工厂被广泛认为是高能物理未来发展的必由之路。除CEPC外，国际上目前有若干项目倡议
 - ILC：由国际未来加速器委员会倡议，由日本承建
 - FCC（pp）：由CERN倡议
 - CLIC（ee）：由CERN倡议
 - 上述项目间存在广泛的合作，同时也存在相当的竞争
 - 对比FCC和CLIC，CEPC在时间上有优势
 - 对比ILC，CEPC在物理潜力上拥有明显优势



**CERN的LHC
要运行至2037年**

CEPC Parameters

preliminary

	Higgs (3T)	W (3T)	Z (3T)	Z (2T)
Number of IPs	2			
Energy (GeV)	120	80	45.5	
Circumference (km)	100			
SR loss/turn (GeV)	1.73	0.34	0.036	
Half crossing angle (mrad)	16.5			
Piwinski angle	2.58	7.74	23.8	
N_e /bunch (10^{10})	15	15	8.0	
Bunch number (bunch spacing)	242 (0.68us)	1220 (0.27us)	12000 (25ns+10%gap)	
Beam current (mA)	17.4	87.9	461	
SR power /beam (MW)	30	30	16.5	
Bending radius (km)	10.6			
Momentum compaction (10^{-5})	1.11			
β_{IP} x/y (m)	0.36/0.0015	0.36/0.0015	0.2/0.0015	0.2/0.001
Emittance x/y (nm)	1.21/0.0031	0.54/0.0016	0.17/0.004	0.17/0.0016
Transverse σ_{IP} (um)	20.9/0.068	13.9/0.049	5.9/0.078	5.9/0.04
ξ_x/ξ_y /IP	0.031/0.109	0.013/0.12	0.0041/0.056	0.0041/0.072
V_{RF} (GV)	2.17	0.47	0.1	
f_{RF} (MHz) (harmonic)	650 (216816)			
Nature bunch length σ_z (mm)	2.72	2.98	2.42	
Bunch length σ_z (mm)	3.26	6.53	8.5	
HOM power/cavity (kw)	0.54 (2cell)	0.87(2cell)	1.94(2cell)	
Energy spread (%)	0.1	0.066	0.038	
Energy acceptance requirement (%)	1.35	0.4	0.23	
Energy acceptance by RF (%)	2.06	1.47	1.7	
Photon number due to beamstrahlung	0.29	0.44	0.55	
Lifetime _simulation (min)	100			
Lifetime (hour)	0.67 (40 min)	1.2	4	
F (hour glass)	0.89	0.94	0.99	
L_{max} /IP ($10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	2.93	11.5	16.6	32.1

上海 2018.6.21

J. Gao

高能环形正负电子对撞机（CEPC）已有基础

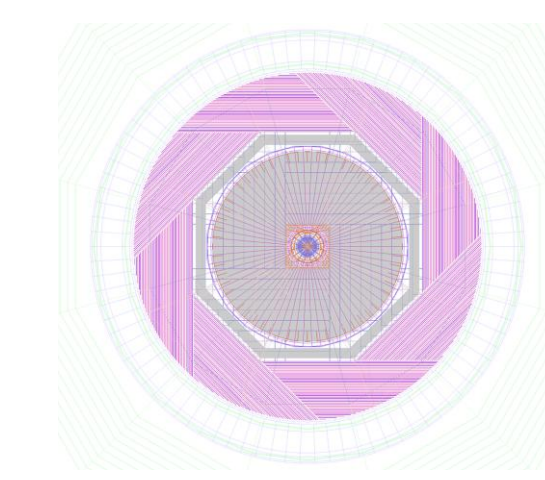
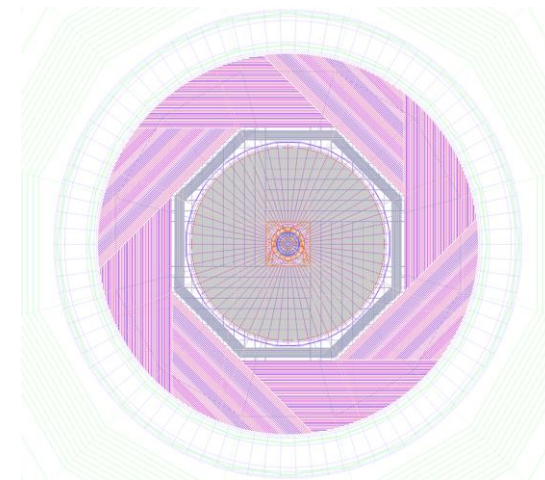
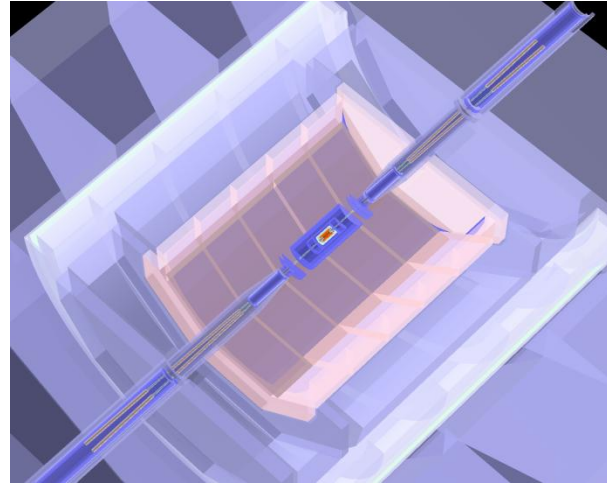
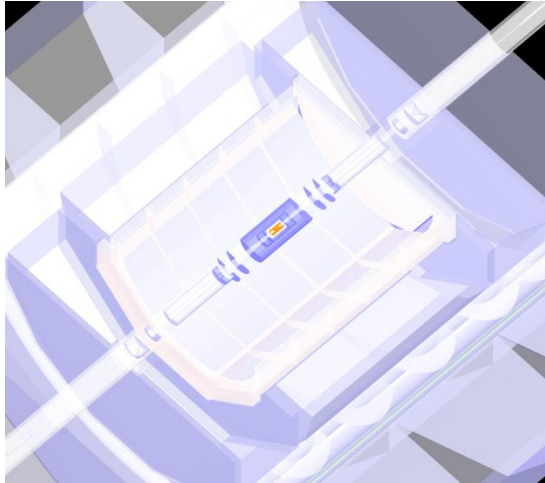
- ▶在大型科学基础设施建设方面具有很好的基础。近20多年来，北京正负电子对撞机的建造及升级改造、大亚湾中微子实验装置、正在进行中的散裂中子源建设，以及筹建中的北方光源等均属大型科学基础设施。
- ▶在建设、运行及相关的管理等方面均已积累了丰富的经验，形成了高水平的科学研究队伍和技术骨干队伍。
- ▶依托这些大科学装置产出了一批国际上有显示度的重要物理成果，近期的成果如北京谱仪实验发现新的共振态结构 $Z_c(3900)$ 被美国Physics杂志列为2013年国际物理学重要成果之首，大亚湾中微子实验发现新的中微子振荡模式入选Science杂志2012年十大科学突破等。
- ▶国家重点实验室 提供有力的技术、工程支持。
- ▶已经成立中国CEPC工业联盟 掌握关键技术和部件建造，为大幅度CEPC国产化做准备。
- ▶人才引进：各类、层次人才和技术骨干
- ▶国际奖励：基础物理突破奖,潘诺夫斯基粒子物理奖,日经亚洲成就奖,IUPAP-C青年科学家奖,亚太物理学会杨振宁奖, ...
- ▶国内合作：依托中国科学院粒子物理前沿卓越创新中心，与国内科研院校建立国内粒子物理领域内最广泛的合作关系。
- ▶国际合作：基于中美、中意、中日等现有高能物理合作框架深入开展国际交流与合作；通过国际合作项目与英国RAL、德国DESY等国外著名研究单位不断加强合作。
- ▶正式概念设计： 2018完成； 预研究经费-启动： 科技部重点研发， 预研广泛展开

CEPC Detector: more compact & updated for CDR

preCDR (2015)



CDR (2017)

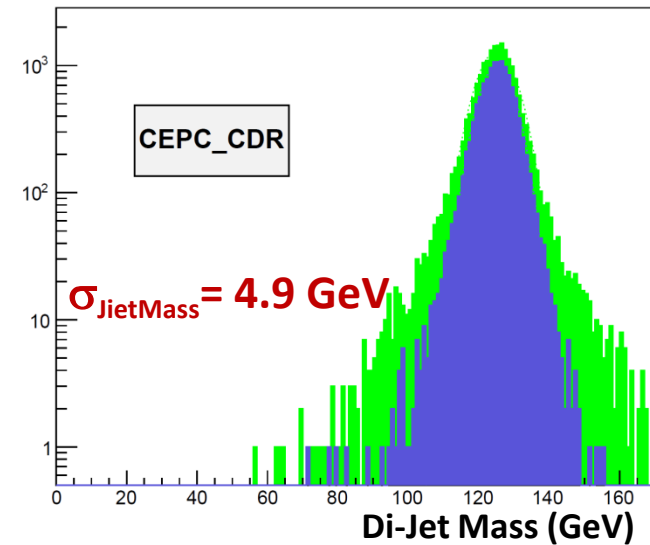
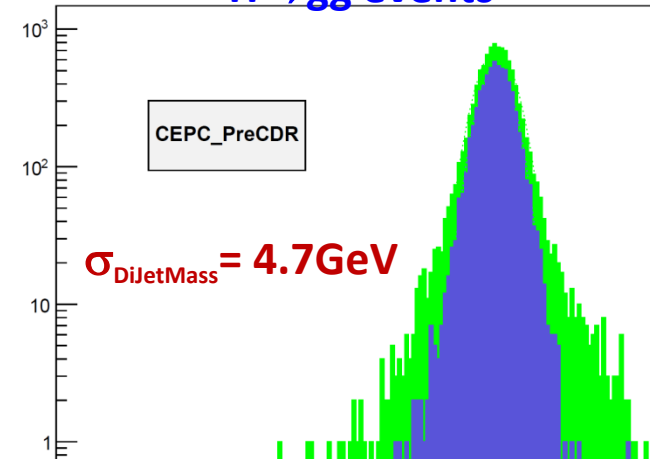


CDR CEPC detector:

Double ring geometry & MDI design implemented
HCAL reduced to 40 layers (from 48 in preCDR)

上海 2018.6.21

H→gg events

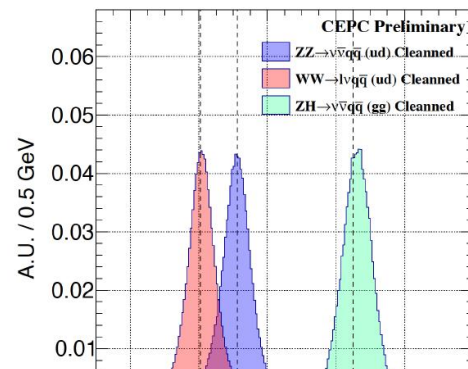
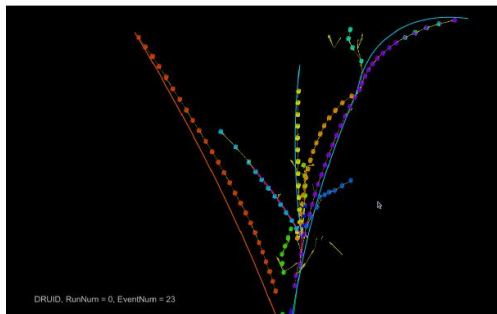
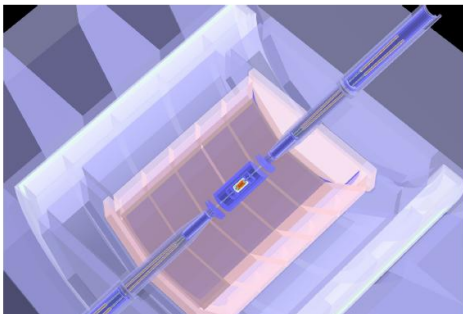


**No visible impact on
physics performance**

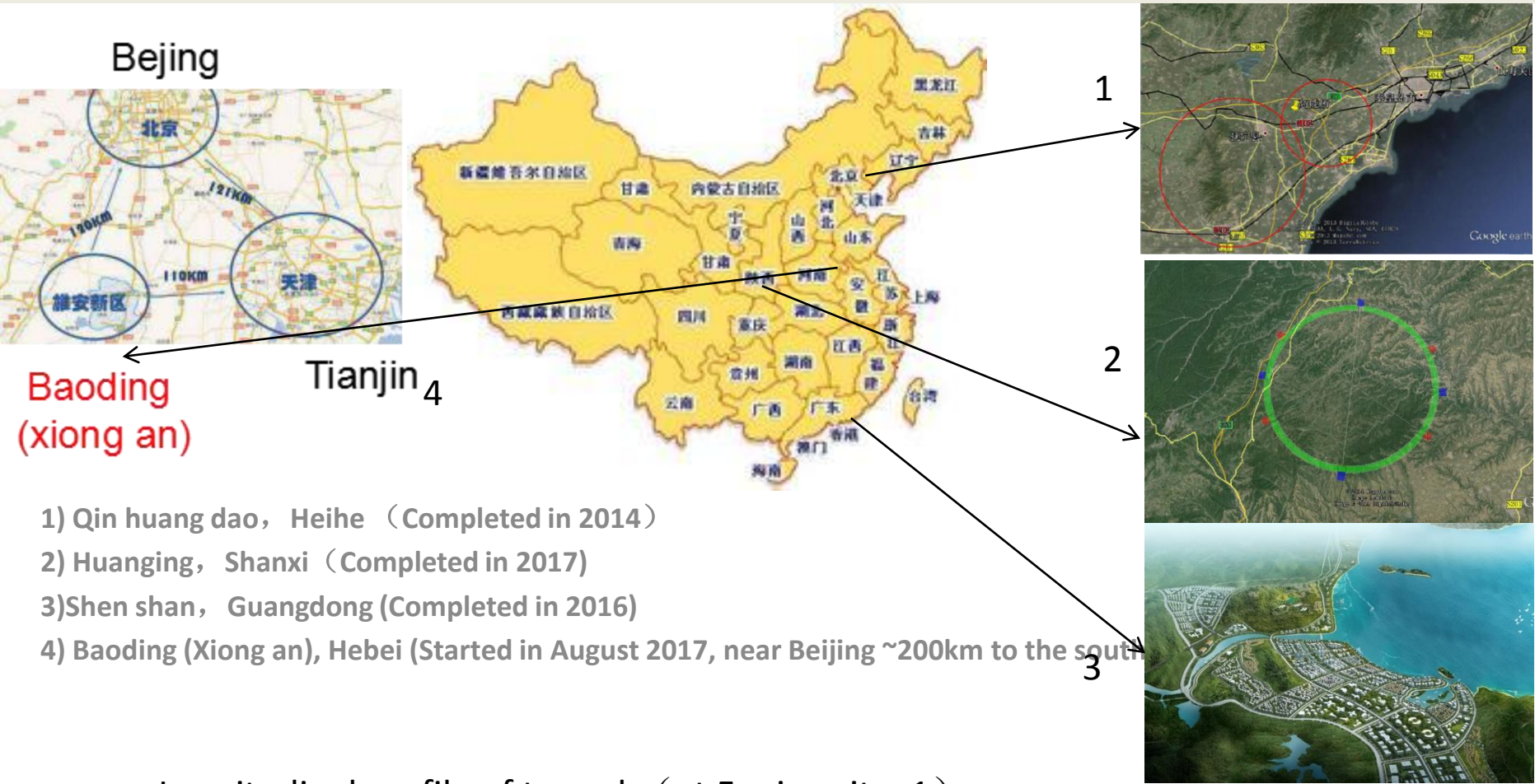
CEPC Detector: more compact & updated for CDR

基线探测器设计及 Arbor 粒子流算法

- 完成了 CEPC 基线探测器设计和优化
 - 采取 ILD-like geometry，性能与 ILD 一致，加强了其 Flavor Physics 方面性能
 - 造价、功耗、总重显著优化 (30%/80%/30%)
- 开发了 Arbor 算法，可高效、准确重建所有关键物理标的物
 - 具有目前正负电子 Higgs 工厂 (ILC, FCC, CLIC, CEPC) 上最好的轻子鉴别性能。效率达 99.5% 以上，对比 ALEPH，误判率下降了 3-5 倍
 - 世界领先的喷注重建性能，可通过喷注不变质量区分 W, Z, Higgs 粒子，喷注能量分辨率 3-5%，较之 LEP、LHC 实验提高 3-4 倍



高能环形正负电子对撞机（CEPC）：选址进展

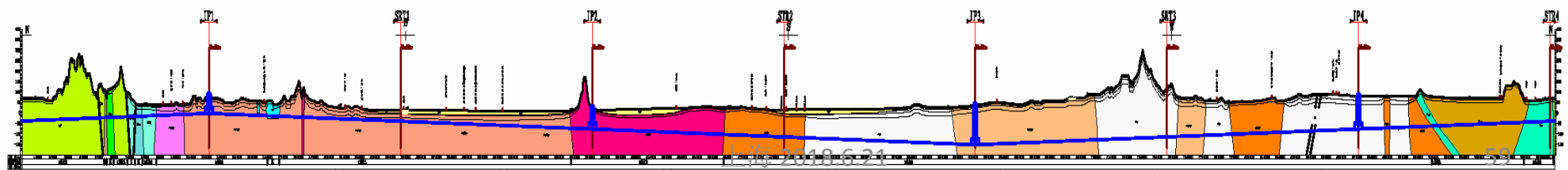


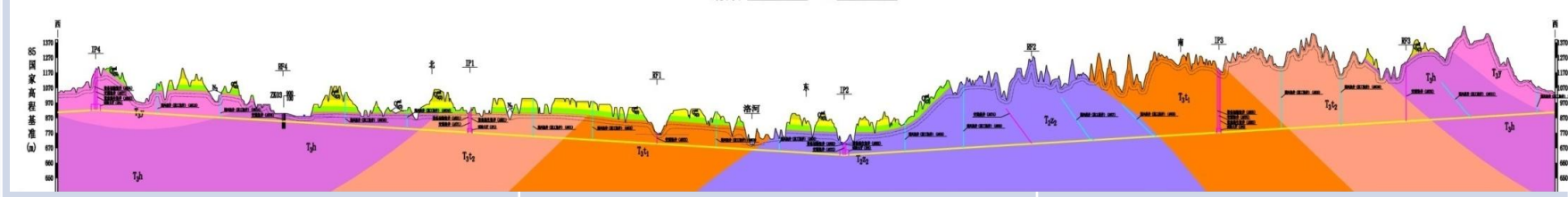
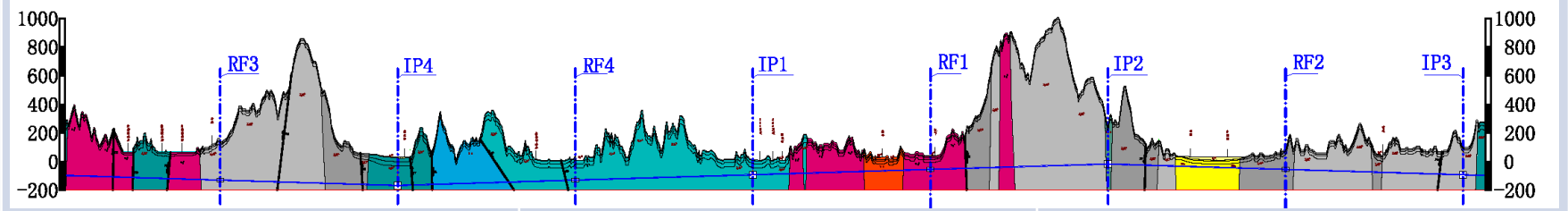
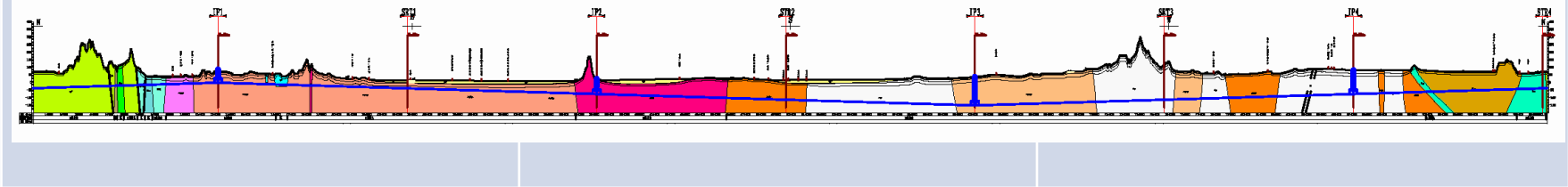
Baoding (xiong an)

Tianjin₄

- 1) Qin huang dao, Heihe (Completed in 2014)
- 2) Huangping, Shanxi (Completed in 2017)
- 3) Shen shan, Guangdong (Completed in 2016)
- 4) Baoding (Xiong an), Hebei (Started in August 2017, near Beijing ~200km to the south)

Longitudinal profile of tunnel (at Funing site, 1)



Item	Huangling	Shen-Shan	Funing
Project layout	Huangling (100km)		
			
	Shen-Shan (100km)		
Project layout			
	Funing (100km)		
			
Construction difficulty	Moderate	Relatively difficult	Relatively easy

项目规划 Project Development

- 组织和管理 organization & management
- CDR概念设计报告 conceptual design report
- R&D 计划 Plan
- 经费 funding
- 国际合作 international collaboration
- 工业“联盟” industry consortium
- γ 同步光源应用探索 high energy γ synchrotron light

