

环形正负电子对撞机

国际大科学计划与大科学工程项目研判会

王贻芳

2022年7月25日

一、国际风险评判

国际共识

国际合作与出资意愿

国际局势影响

国际共识

- CEPC聚焦粒子物理前沿重大问题，其科学目标的重要性得到广泛共识，全球粒子物理学界国际合作意愿强烈

目前国际上希格斯工厂方案		ICFA的关注与支持	欧美战略讨论
相对成熟方案	环形	<ul style="list-style-type: none"> 2019年，ICFA主席致信，祝贺CEPC团队《概念设计报告》完成，希望中国政府支持CEPC 2022年，ICFA重申希格斯工厂的重要性，表达了对CEPC等项目的关注 	<ul style="list-style-type: none"> 《2020欧洲粒子物理战略更新》明确指出“正负电子希格斯工厂是优先级最高的未来对撞机发展项目” 美国的未来高能物理战略讨论集中在希格斯粒子工厂，认为美国必须参与建设任何实质性推进的Higgs工厂项目
	直线		
未来技术	C3 (美国)		

CERN的DG，Fabiola Gianotti 多次提到FCC和CEPC间构成了直接竞争。并在非正式沟通中表示，倘若CEPC先行建设，那么CERN会积极参与。

Remarks on a future collider at CERN

ESPP gives the preferred direction for future collider(s) at CERN: FCC

However, prudently:

- feasibility study first
- intensified accelerator R&D for FCC and to prepare alternative scenarios if FCC not pursued

No consensus in European community on which type of Higgs factory (linear or circular)

ILC:

- Strategy says it's compatible with ESPP if timely (otherwise conflict of resources with next collider at CERN)
- are ILC and FCC-ee complementary enough in terms of physics? No consensus.

Chinese colliders (CepC, SppC): "direct competition" with FCC

Desired timeline* for a future collider at CERN:

- recommendation by next ESPP ~ 2026
- approval by CERN's Council by end of the decade → construction's start early-2030's
- operation's start mid 2040's.

Such a timeline is realistic for FCC-ee and CLIC, more difficult for FCC-hh (magnet technology, cost)

* A new facility running in the mid-2040's, i.e. within 10 years of end of HL-LHC, is crucial to retain (and expand) CERN's expertise and community → crucial for long-term survival of the field.

Conclusion from Executive Summary

Given the **strong motivation** and existence of proven technology to build an **e⁺e⁻ Higgs Factory in the next decade**, the **US should participate** in the construction of **any facility that has firm commitment** to go forward.

Awaiting such commitment, the **US should also pursue research and development of multiple options in this decade.**

- This ensures that the global community will be able to begin constructing at least one such machine in the following decade
- Potential siting of a facility (ILC? C3? ...) in the USA should also be pursued.
- US investments in further advancing technology
 - will ensure the technical readiness of proposed facilities,
 - improves the eventual physics reach of a collider and
 - maintains the community engagement needed for the US to contribute to the construction of a collider.



To whom it may concern

ICFA主席Geoff Tayler 的信

ICFA = 国际未来加速器委员会

Re: Support for the Further Development of a High Energy Particle Collider in China

Discovered at CERN's Large Hadron Collider in 2012, the Higgs boson has been hailed as the most important discovery in particle physics in decades of research. This unique particle offers a portal for understanding the fundamental laws of Nature and is expected to be a great new tool for discovery.

At a recent meeting in Japan, March 7-8, 2019, ICFA confirmed that the international consensus of highest priority is for a "Higgs Factory" capable of precision studies of the Higgs boson. Such a Higgs factory will allow scientists to explore in great detail the nature of the Higgs mechanism and to search for new phenomena beyond the Standard Model of particle physics.

Worldwide, two key approaches are being pursued, both linear and circular e+e- colliders. Each has a very different upgrade path. The linear geometry capable of being extended to higher e+e- collision energies while the circular layout provides important infrastructure, the ~100km tunnel, for a future very high energy proton-proton collider. The two options are thus broadly complementary to each other.

At the ICFA meeting in Tokyo, the Japanese government, although not yet ready to commit to hosting the International Linear Collider (ILC) described how the process for coming to a conclusion is well underway, with a decision expected within a year.

I congratulate the authors for the published CDRs (Conceptual Design Reports) for two circular colliders being proposed, CEPC and FCC-ee, by IHEP and CERN, respectively.

Whilst being mindful of the need of a coherent global program of facilities, ICFA encourages competitive efforts by all parties to pursue the various options under consideration, and urges the proposing hosts to support the respective proposals in a timely manner. With the several options being considered, early indications of development plans will help ICFA coordinate international discussions aimed at optimising the investments in the field.

In line with its mandate, "to promote international collaboration in all phases of the construction and exploitation of very high energy accelerators", ICFA encourages global participation towards the construction of a collider capable of detailed Higgs boson studies.

In this respect, as Chair of ICFA I recognise that the international field could benefit very much from a major investment by China in the proposed CEPC Higgs Factory. I strongly encourage the Chinese Government to support this development, with its potential of becoming an international facility of truly great significance to the field worldwide.

《概念设计报告》

2018年11月15日发布



编委会：43人、来自22个研究所、5个国家

Professor Geoffrey Taylor
Chair, ICFA (International Committee for Future Accelerators)
26th April, 2019

国际合作与出资意愿

在CEPC率先启动的情况下，将有效吸引国际同类型项目的研究者及相关国际合作

- 在今天的粒子物理学界，同类型的大型对撞机一般只建一个；其上可承载多个探测器，以互相验证物理成果
- 准备阶段大家各有立场和选择。但只要中国开建，大家没有选择，只能参加

CEPC团队已在开展广泛的国际合作

- CEPC团队已与20余所国外单位签订合作备忘录
- 目前的预研中，有来自意大利、韩国、英国、澳大利亚、俄罗斯等国的外国科学家在量能器、硅径迹探测器、漂移室粒子鉴别技术、缪子探测器等预研方面做出重要的、实质性贡献
- CEPC团队也对欧洲HL-LHC对撞机升级等项目作出贡献

国外出资协议只能在CEPC在中国正式立项后签署，国外贡献总额预计约60亿人民币

- 高能所在大科学装置建设运行方面已有几十年的国际合作经验
- BESIII、大亚湾、JUNO等大型国际实验均在国家立项后获得国际贡献，设备比例分别约为5%（200万美元），50%（3000万美元，等价于1000万美元实物贡献）和20%（3000万欧元实物贡献）
- 大亚湾和JUNO实验上，外方按比例贡献了实验设备的运行费用
- 按高能物理惯例、国际贡献将主要以设备实物和资金方式落实
- 具体出资模式将取决于项目推进的程度和国际谈判进展，并参考其他实验模式

国际局势影响

- 在目前国际形势下，国际合作前景具有一定的不确定性。但绝大部份科学家强烈支持国际合作。

因疫情造成的线下国际交流停滞，导致部分国际同行不了解CEPC最新动向，将加强与国际同行间的交流

- 粒子物理的学科特点是能支撑长期、稳定的国际交流合作（投入经费建设后不会放弃参与运行使用）
- CEPC团队积极参与了欧洲、美国的粒子物理战略讨论，影响深远
- CEPC国际顾问委员会近期换届，增加了在一线工作的国际知名科学家，通过他们的指导，进一步扩展合作
- 我们已在积极和CERN、INFN等国外机构商谈合作，和INFN合作已经有稳定联系人和工作对接机构
- CEPC团队成员克服疫情影响，出访至美欧等国家，积极寻求更深入的合作

CEPC团队将保持底线思维，保证自主建设能力

- CEPC项目预研已覆盖所有核心技术，使CEPC建设和运行不会被‘卡脖子’，但国际合作会提高CEPC建设效率、扩大项目的科学产出和国际影响
- CEPC的国际领先性使国际高能物理的中心移至中国，国外的高能物理学家如不参加的话就会落后，实际上他们没有选择，早晚会参加的
- 如果确因国际局势等问题国外合作单位暂时无法参与，项目推进会延缓，但不影响在十五五期间开工建设

只要CEPC项目国际领先，风险是较小、可控的。CEPC自主发展核心技术的战略及布局可有效控制风险。CEPC团队将进一步加强同国际同行的交流合作，推动项目的国际化。

二、知识产权

物理成果

技术与设备

物理成果

- **CEPC由我国科学家在国际上首先提出，关键设计与技术方案独立自主完成，没有知识产权风险**
- **CEPC最重要的科学产出是人类对物质、对宇宙最前沿的认知，是人类共同财富，服务于全人类**
- **CEPC上产出的主要物理成果（文章）将遵循粒子物理学领域惯例，由参与实验的各国科学家共同署名**
 - 文章将通过粒子物理开放出版资助联盟（SCOAP³）等平台向全球免费开放
- **实验数据和软件工具由参加CEPC实验的科学家共同享有**
 - CEPC现阶段研究的模拟数据和样机测试数据由合作者共享
 - CEPC使用的物理软件正由全球相关领域科学家共同开发，已集成在Key4hep等服务全球未来对撞机实验的系统之中

技术与设备

CEPC将面对的技术挑战包括：高精尖设备的生产与建造，极大量数据的获取与处理

- 严苛的实验条件往往催生新的技术，推动设备的设计研发、提升制造工艺水平，包括但不限于精密机械、超高真空、高功率微波、低温超导、计算机、高速电子学、集成电路、软件等
- CEPC有望催生大批新的技术（高效速调管、高性能超导腔，铁基高场磁体等）
- 催生的技术往往具有广泛应用前景：WWW、光源技术、放射治疗技术、应用型加速器等
- CEPC团队坚持自立自强的路线，对关键技术组织了攻关、取得了显著进展，建造了多个原型机、其性能指标均已达到国际先进水平

CEPC设备由高能所等中外科研单位提出设计研发目标，以各种方式与企业合作，开展生产。目前通过产业促进联盟（目前包括七十多家企业）等开展预研，准备量产

- 相关知识产权由研发单位共同拥有，但并不由国际合作组共享
- CEPC将按照行业惯例、保护企业的知识产权。例如，JUNO实验所需光电倍增管专利由高能所与合作企业共有，由北方夜视批量生产

- **CEPC将开放物理成果、共享科学知识；数据和软件将由合作组共享；将同工业界合作完成关键设备的设计、制造和量产，并按照行业惯例保护相关企业的知识产权。**

三、科技伦理

科技伦理

科技伦理、多样性

- **CEPC不存在生命、基因、人群数据采集、健康等方面的伦理风险**
- CEPC将推动全世界不同背景(种族、信仰、LGBTQ等)、不同文化的科学工作者合作进行研究，为他们参与实验提供便利
- CEPC将吸引大量外国科学家常驻中国，进而有访问Twitter、Google等网站的需求；参考一些涉外单位园区，设立涉外互联网访问区

辐射安全

- 高能对撞机本身会产生多种辐射，CEPC项目在设计 and 实验中已充分考虑辐射安全和辐射防护
- 对撞机被安装在地下50 - 100米，而2米左右的岩层即足可将辐射阻挡、使之衰减到忽略不计的水平，因此地表环境不会受到辐射的直接影响
- CEPC需避免装置运行时人员误入高辐射区，或者人员尚在被管制区域内时装置启动运行而造成的人身伤害事故。对此，国际高能物理学界已经形成了一整套成熟的方法，我国的高能物理学界也有多年一线的对撞机建造、操作经验
- 以BEPC为例，国内已发展出成熟的软、硬件连锁逻辑：不满足安全条件无法开机运行；若出现紧急情况，会按照连锁逻辑自动停机，确保操作人员和设备的安全；在停机15分钟后，加速器周边辐射水平可基本衰减到安全水平

- **CEPC项目不存在生命、基因等方面的科技伦理问题；CEPC在辐射安全等方面的风险是可控的。CEPC项目将对人类文明产生深远的、积极的影响。**


总结：

- CEPC项目的国际风险总体而言是较小的、可控的
- CEPC将遵循粒子物理学领域惯例，共享科学成果、共享实验数据、并保护合作企业的知识产权
- CEPC项目在科技伦理方面的风险总体可控

谢谢！

back up

部分企业开展的工作：



Conclusion from Executive Summary

Given the **strong motivation** and existence of proven technology to build an **e⁺e⁻ Higgs Factory in the next decade**, the **US should participate** in the construction of **any facility that has firm commitment** to go forward.

Awaiting such commitment, the **US should also pursue research and development of multiple options in this decade.**

- This ensures that the global community will be able to begin constructing at least one such machine in the following decade
- Potential siting of a facility (ILC? C3? ...) in the USA should also be pursued.
- US investments in further advancing technology
 - will ensure the technical readiness of proposed facilities,
 - improves the eventual physics reach of a collider and
 - maintains the community engagement needed for the US to contribute to the construction of a collider.

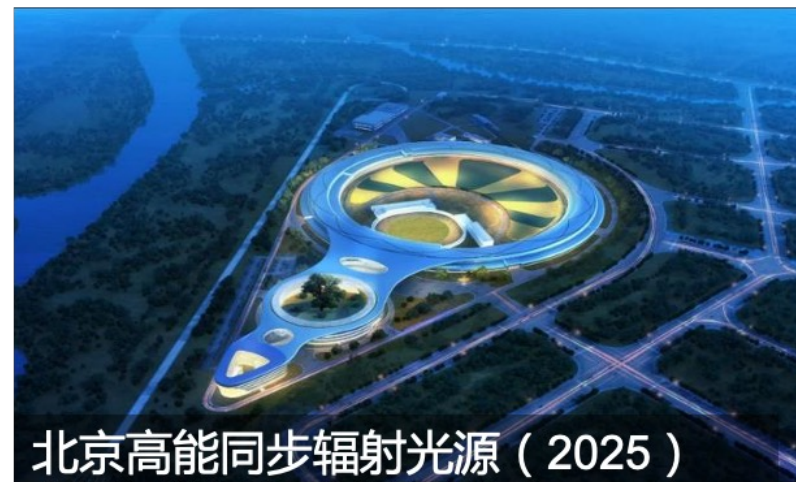
Srichana Dasu (Wisconsin)

部分企业开展的工作：

- 黄河/华东院：土建与通用系统设计
- 上海超导/上创超导/统力电工：超导材料与导线
- 宁夏超导/高能锐新：超导腔
- 中科富海：大型低温制冷机
- 昆山国立：高功率高效速调管
- 西部超导/昆山八匹马：超导磁铁
- 沈阳慧宇公司：MDI机械设计
- 中信重工：静电-磁分离器设计
-

历史上，对撞机技术催生了加速器的广泛应用

- 同步辐射来源与环形对撞机，自由电子激光来源于直线对撞机



国外粒子物理研究起步早，技术先进，为社会带来显著价值

电容式触摸屏最初是为降低超级质子同步加速器（SPS）建设成本而发明的，应用在中央控制中心的交互式计算机显示器上。该技术1977年起在商业上得到广泛应用



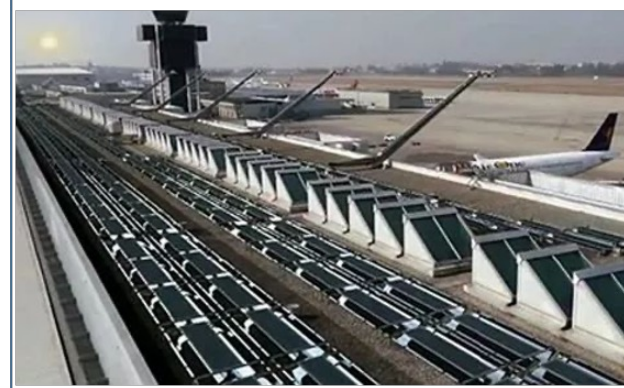
CERN的斯莫普和贝克发明了透明触摸屏

费米实验室在20世纪70年代建造Tevatron时首次研制出由超导线和电缆组成的磁体。推动了高精度核磁共振成像系统的发展，并在世界各地广泛应用。



核磁共振成像技术源于Tevatron超导磁体技术

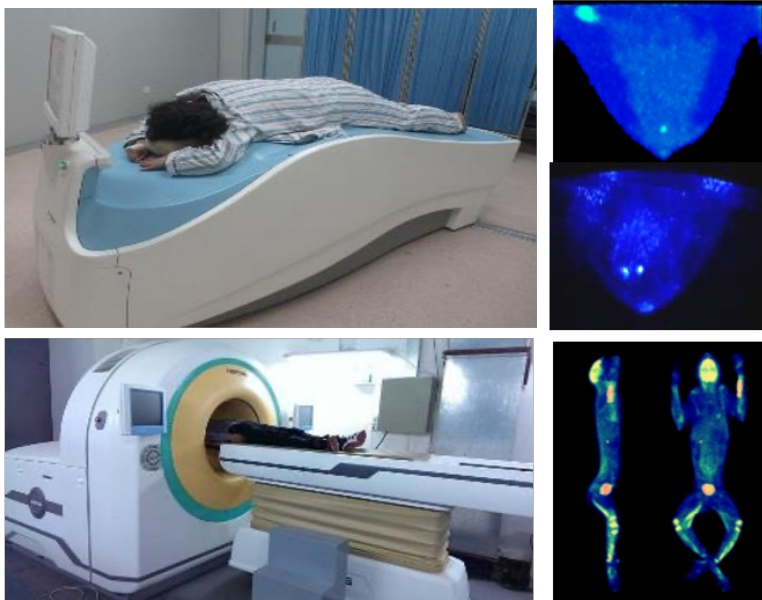
CERN的真空技术为新型太阳能热板提供了具有特殊隔热功能的热室，大大减少了热量损失提高了效率，并能延长太阳能板的使用寿命。



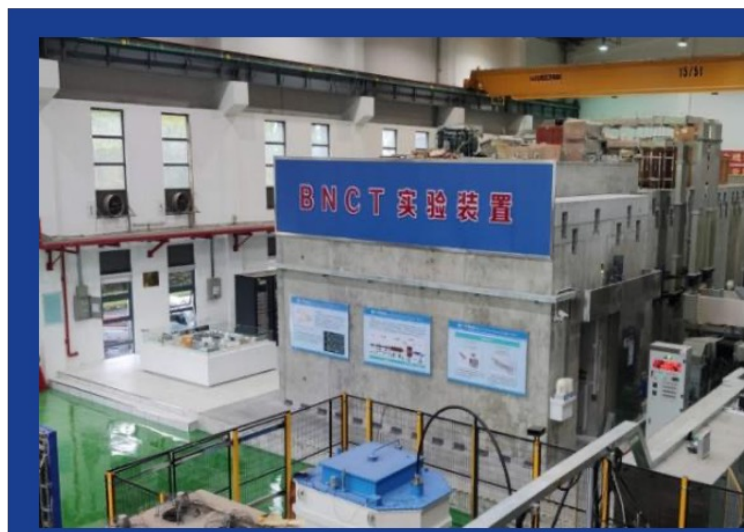
日内瓦国际市场上最畅销的太阳能热板

- 未来，我国的科技走在世界前列，也将带来无法估量的社会价值

高能所的技术转移转化



核医学成像设备：乳腺PET、人体全身PET、动物PET/CT等

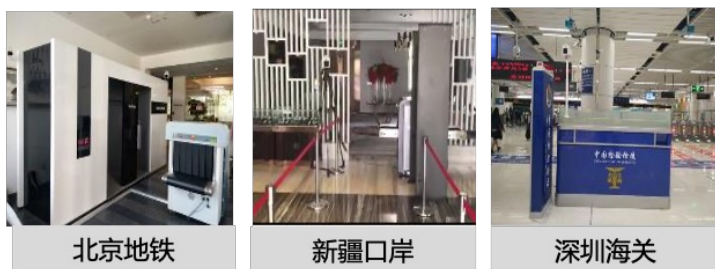


- ✓ 加速器硼中子俘获治疗（BNCT）采用中子轰击癌细胞，精准且辐照损伤小，适用于各种包括弥漫性的癌症。设备成本低，是目前最先进的癌症治疗手段之一
- ✓ 中国散裂中子源催生的产业化项目



2020年8月，我国首台自主研发的BNCT实验装置研制成功。

新华社、央视等主流及地方媒体进行了广泛报道



北京地铁

新疆口岸

深圳海关

辐射安全监测设备应用