

# 环形正负电子对撞机简报

CIRCULAR ELECTRON POSITRON COLLIDER NEWSLETTER

2021 年第 1 期 (总第 1 期)

## 【本期导读】

新冠肺炎肆虐全球，CEPC 中国以及国外合作研究团队仍取得了许多令人瞩目的研究进展

- 国际间合作形式受疫情影响呈现重大变化，很多国际会议获得更广泛的参与度
- CEPC 各项课题进展继续稳步推进
- CEPC 物理研究团队获中国物理学会最有影响论文奖





## 【封面聚焦】高能所 1.3 GHz 9-cell 高品质因数超导腔研发取得重大突破

### 高 Q 超导腔创新研发及小批量成果鉴定会召开

大型加速器不仅是进行粒子物理学研究所需的高能粒子对撞机的关键组成部分，也是同步辐射光源、自由电子激光、散裂中子源等装置用来进行物质科学、生命科学、能源科学、环境科学、甚至芯片制造等方向研究的基础。而这类粒子加速器装置中为带电粒子提供能量的关键元件就是超导腔。

众所周知，谐振腔可以利用腔内周期变化的电场为穿过的带电粒子加速。过去，加速器多采用无氧铜制成的常温谐振腔加速带电粒子，谐振腔自身的功耗非常大（几十到上百千瓦），而采用纯铌制成的超导谐振腔之后，功耗下降到只有几瓦到几十瓦，大大提高了“微波功率源——带电粒子”的能量转换效率。因此，国外的大型加速器装置已广泛使用超导腔来加速各类带电粒子（电子、质子、重离子）。

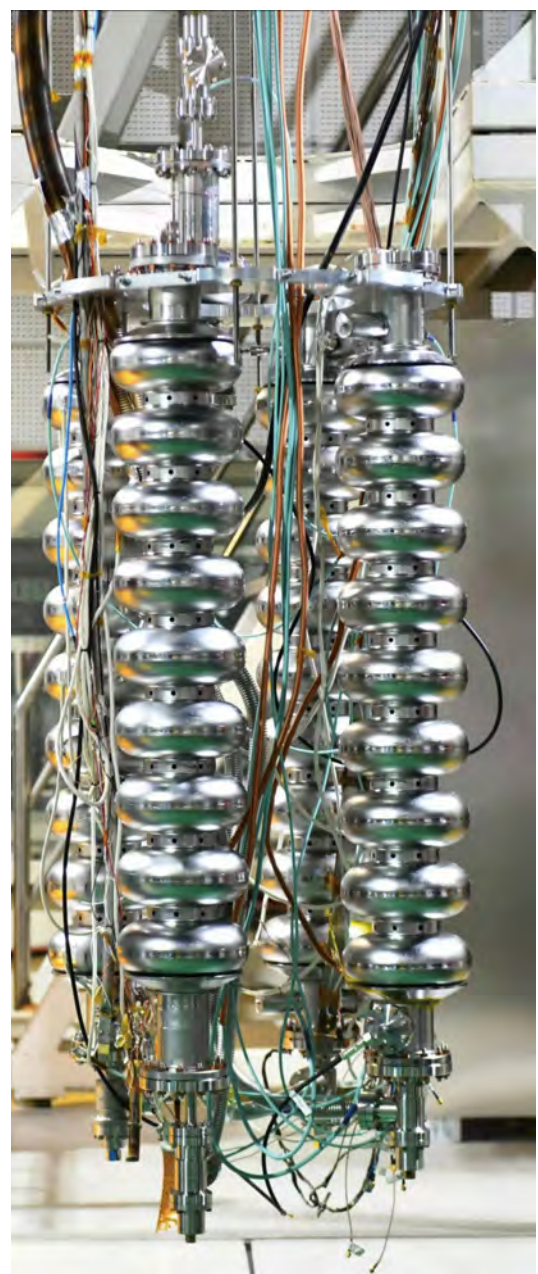
过去，高性能超导腔的技术一度被国外所垄断，以至于中国的大科学装置只能购买国外的超导腔（BEPV II、上海光源）。近年来，中国科学院高能物理研究所等单位在超导腔的研制中投入了大量资源，并培养了一只优秀的超导腔设计、制造团队。近日，高能所团队在国际上首次成功实现了 1.3 GHz 9-cell 超导腔的中温退火工艺和小批量（六只）超导腔的试制。该批 9-cell 超导腔的性能均超过了上海硬 X 射线自由电子激光装置（SHINE）、美国直线相干光源二期（LCLS-II）及其能量升级项目（LCLS-II-HE）的超导腔设计指标，其中的五只超过了环形正负电子对撞机（CEPC）的设计指标。

衡量超导腔性能的关键指标是超导腔的品质因数（Q 值），Q 值与超导腔的功耗成反比，超导腔的 Q 值越高，则功耗越低，可以显著降低加速器的造价和运行费用。此次高能所研制的超导腔的平均 Q 值优于美国直线相干光源二期能量升级项目（LCLS-II-HE）所使用的掺氮超导腔，处于 1.3 GHz 9-cell 超导腔的国际领先水平。高能所 1.3GHz 超导腔项目组经过技术攻关，在 1.3 GHz 9-cell 腔的中温退火工艺上取得了重大突破和创新成果，具有完全自主知识产权。这项成果打破了国外在射频超导方面的技术垄断，使我国高性能 9-cell 超导腔技术跨入世界前列。该成果为我国高 Q 值 1.3 GHz 9-cell 超导腔的批量制造奠定了坚实基础，也为我国建设国际领先的高重频自由电子激光装置和将来高能正负电子对撞机（CEPC）提供了新的工艺方案。

2020 年 12 月 17 日，中科院高能物理研究所组织召开了“1.3 GHz 9-cell 高品质因数（Q 值）超导腔创新研发及小批量试制”鉴定会专家组由来自北京大学、清华大学、中科院近代物理研究所、中科院上海高等研究院、中科院大连化学物理研究所、中国工程物理研究院流体物理研究所和中科院高能物理研究所的 11 位专家组成。鉴定专家组一致同意“1.3 GHz 9-cell 高品质因数（Q 值）超导腔创新研发及小批量试制”通过成果鉴定。未来，项目组将根据专家组的建议进一步优化工艺、提高性能，开展腔的水平测试并尽快投入使用。



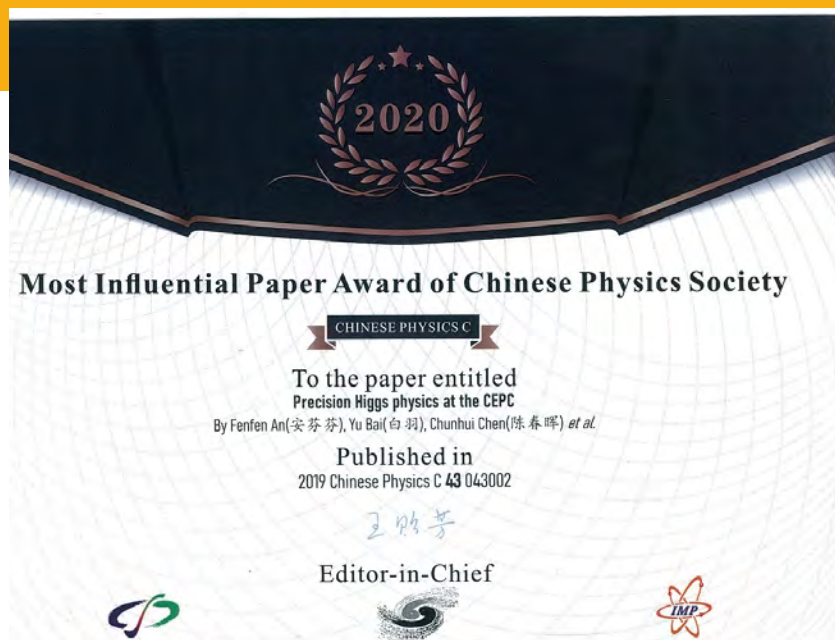
视频：超导腔的诞生



## CEPC 物理研究团队 获中国物理学会最有 影响论文奖

近日，环形正负电子对撞机（CEPC）物理研究团队在《Chinese Physics C》发表的论文《Precision Higgs Physics at CEPC》(Chinese Physics C, Vol. 43, NO. 4 (2019), 043002) 获得中国物理学会“2020 年度最有影响论文奖”。

欧洲核子研究中心大型强子对撞机上的 ATLAS 和 CMS 实验合作发现了希格斯玻色子，这标志着高能物理新纪元的开始。为了进一步精确测量希格斯玻色子性质并寻找与希格斯玻色子相关的潜在新物理，由中国科学家提出并计划在中国建造的环形正负电子对撞机（CEPC）成为“希格斯粒子工厂”候选者之一。

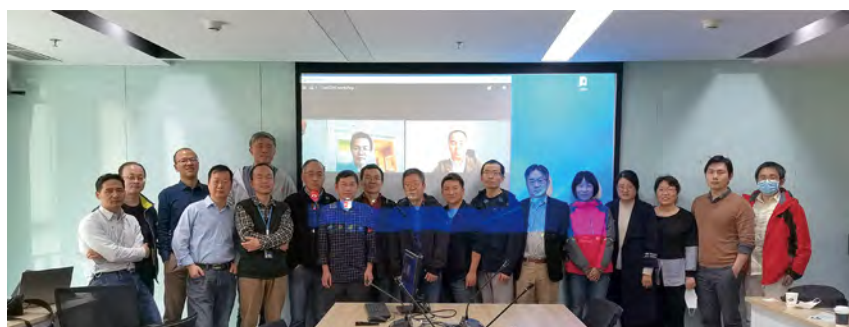


CEPC 研究团队在这篇文章中给出了对 CEPC 上希格斯玻色子性质测量精度的模拟计算，并讨论了这些重要测量的含义，为论证 CEPC 作为希格斯工厂的优势性提供了有力的科学证据。该项工作也受到了国内外同行的关注和认可，迄今被引用 45 次（Inspire 数据库）。这项工作也得到了国家科技部重点研发计划、国家自然科学基金委、科学院等经费项目支持。

中国物理学会及其主办的期刊自 2012 年起特设此奖励。该项奖由各刊正、副主编综合考虑文章的被引用频次和广泛性，论文的学术创新性以及在国内学术界产生的影响评选而出。本年度《Chinese Physics C》共遴选出 6 篇文章，授予此奖。

## “高能环形正负电子对撞机相关物理和关键技术预研究” 2020 年度进展讨论会在高能所召开

2020 年 10 月 20 日，科技部重大专项基金项目——“高能环形正负电子对撞机（CEPC）相关物理和关键技术预研究”2020 年度进展讨论会在中科院高能所召开，本次讨论会是项目例行的年度进展总结会。





项目组首先汇报了科研项目经费管理和使用的情况。随后，由“加速器物理研究”、“加速器关键技术研究”、“对撞机物理研究”、“探测器关键技术研究”四个课题负责人，对课题取得的主要研究进展、考核目标完成情况、存在的问题、解决方案和下一步工作计划等方面进行了详细汇报。与会专家在听取课题负

责人报告的基础上，对照考核目标和进度，进行了详细讨论并给出具体的指导意见。

CEPC 项目已进入具体实施后期阶段，为推进项目顺利实施，保障各课题研究任务顺利完成，特召开本次进展会。来自北京大学、高能物理研究所、清华大学、上海交通大学、中国科技大学及华中师范大学等单位的课题负责人和科研骨干约 20 余人参加会议，部分人员通过网络远程参加。

## 2020 高能环形正负电子对撞机国际研讨会在上海召开

2020 年 10 月 26 至 28 日，2020 年度高能环形正负电子对撞机 (CEPC) 国际研讨会在上海举行。受疫情影响，本次研讨会首次采用现场和线上相结合的会议模式。会议由上海交通大学和李政道研究所联合主办，中国科学院高能物理研究所和粒子物理前沿卓越中心共同协办。本次研讨会是 CEPC 项目的一次重要会议，会议上介绍了 CEPC 加速器、物理与探测器、机构委员会、产业促进会的各项重要研究进展、成果和研发计划，并聆听了来自 FCC、ILC 和 CLIC 等未来国际高能对撞机项目的专家给出的相关项目的进展报告，还对未来对撞机的研究重点和计划进行了展望。未来 CEPC 将进一步加强与国际同类项目的合作关系，争取吸引更多国际同行和研究机构加入，高质量地开展高能粒子物理研究。此次研讨会吸引了世界各地的科学家参加，总报告数 187 个，其中 14 个大会报告，国内和国外参会者的报告数分别为 91 和 96 个。来自



世界各地 16 个国家 (中国、美国、德国、法国、英国、意大利、瑞士、荷兰、西班牙、以色列、加拿大、澳大利亚、日本、韩国等) 近 400 名研究人员参加了会议。现场注册参会约 170 位，主要来自高能所、北京大学、清华大学、中国科技大学、南京大学、浙江大学、复旦大学、山东大学、北京航空航天大学、东南大学、南京师范大学、江苏大学、南开大学、武汉大学、武汉理工大学、西安交通大学等科研单位的中外科学家和研究生，以及来自 CEPC 产业促进会 (CIPC) 的 40 余家企业和成员单位的 60 余人参加。

## The 6th Circular Electron Positron Collider International Advisory Committee Meeting

October 29-30, 2020 IHEP and Online



## 第六届环形正负电子对撞机国际顾问委员会年会召开

2020年10月29日至30日，第六届环形正负电子对撞机（CEPC）国际顾问委员会（IAC）年会在中国科学院高能物理研究所召开，Zoom云会议同步召开。高能所所长王贻芳、项目总体组及相关系统负责人、执委会成员及部分参研人员参加了会议。

CEPC国际顾问委员会主席、美国芝加哥大学教授、费米国家实验室前副所长Young-Kee Kim主持会议。会上介绍了CEPC加速器、高温超导磁铁、CEPC探测器的设计和研究以及CEPC物理和软件的进展情况。随后，专家组与CEPC项目管理、加速器和实验三个方向的负责人和科研骨

干分组进行了调研和交流。

此外，国际顾问委员会专家还与CEPC团队进行了广泛讨论，他们肯定了CEPC过去一年在加速器关键部件和多种超导磁铁技术研发、硅探测器进展、软件国际化发展以及CEPC工业企业联盟等方面取得的成绩，并对项目研发过程中的技术议题给出了建设性的指导。同时，与会专家还对技术设计阶段的发展规划和方向给出了建议。

来自美国、瑞士、意大利、英国、法国、日本、澳大利亚等国家和中国台湾地区的23位国际知名科学家、技术专家和具有大科学工程经验的管理专家应邀参加了会议。

## 第九次高能所-KEK超导高频技术合作会议召开

2020年12月9日，第九次高能所-KEK超导高频技术合作会议（视频）召开。来自日本高能加速器研究机构（KEK）和高能所加速器中心的28位研究人员参加了会议。会议由CEPC机构委员会副主席、

CEPC加速器负责人、亚洲直线对撞机指导委员会主席高杰研究员以及国际直线对撞机国际研发团队（ILC IDT）加速器负责人、KEK ILC负责人Shinichiro Michizono教授共同主持。



本次会议旨在就高能所和 KEK 等近期在环形正负电子对撞机 (CEPC) 及国际直线对撞机 (ILC) 超导高频技术方面取得的进展做交流沟通并推动有关合作。会议共安排了 11 个报告, 其分别就环形正负电子对撞机技术设计报告 (CEPC TDR) 进展、ILC IDT 进展及有关超导高

频系统设计和预研、高品质因数和梯度超导腔、大晶粒超导腔、铌三锡超导腔、光阴极超导微波电子枪、高功率输入耦合器、超导腔电抛光系统、超导实验室建设等方面进行了介绍和深入讨论。双方一致同意继续开展合作, 并定于 2021 年召开第十次高能所-KEK 超导高频技术合作会议。



## 希格斯物理研究及相关新物理寻找——北京科技计划课题年会暨中科院前沿科学研究结题会在高能所召开

2020 年 12 月 15 日, 北京市科技计划“希格斯玻色子衰变耦合系数的精确测量研究”课题年度总结会暨中科院前沿科学研究重点研究项目“希格斯实验研究和新粒子、新物理实验寻找”结题会在中科院高能所召开。

“希格斯玻色子衰变耦合系数的精确测量研究”课题隶属于北京市科技计划“物质科学国家实验室培育”粒子物理项目, 委托单位为北京市科学技术委员会。本课题的

主要研究内容包括在欧洲核子研究中心的 ATLAS 和 CMS 实验上精确测量希格斯玻色子和费米子耦合系数, 并寻找超出标准模型新物理, 理解物质最深层的质量起源等。该课题采用逐年滚动支持形式, 新的滚动支持研究内容从立足于 LHC 实验研究希格斯玻色子拓展到未来实验的关键技术预研: 研究环形正负电子对撞机 (CEPC) 加速器、探测器结合处 (MDI) 噪声对测量结果的影响和解决方案以及采用唯象和蒙特卡洛 (MC) 研究方法优化 CEPC 对于研究希格斯玻

色子实验策略，并结合测量的需要给出对探测器设计的要求，为未来国际高能物理实验研究希格斯粒子性质解决关键技术难题。

中科院前沿科学研究重点研究“希格斯实验研究和新粒子、新物理实验寻找”项目，围绕希格斯性质测

量及超出标准模型物理寻找的主要研究目标，利用 LHC 的 ATLAS 实验获取的 Run-2 数据在 Higgs 粒子性质测量、超出标准模型的 Higgs 粒子寻找等方向开展研究，并进行了新粒子、新物理实验的寻找，其设计适用于未来高能环形正负电子对撞机实验的高性能通用探测器。

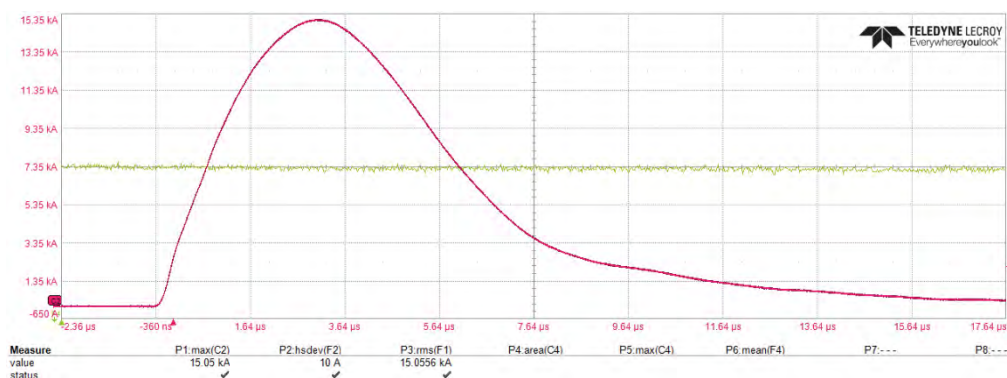
## CEPC 强流正电子源用“磁号及固态脉冲电源”通过工艺测试

2020 年 11 月 13 日，由中科院高能所加速器中心承担的“强流正电子源用磁号及固态脉冲电源”通过了专家组工艺测试。研制成功的磁号在 15kA 电流驱动下脉冲中心峰值磁感应强度达到 6.2T，固态脉冲电源稳定输出 15.05kA，最高充电电压 15.1kV，脉冲宽度 5 $\mu$ s，上述指标均达到国际同类装置的先进水平和本项目任务书的验收指标。

环形正负电子对撞机（CEPC）直线加速器正电子单束团电荷量的设计值为 3nC，磁号中心产生的强脉冲磁场可以将高能电子束打靶产生的小横向尺寸、大发散角的正电子转换到大横向尺寸、小发散

角的分布，大大提升后续的俘获效率，是获得大电荷量强流正电子的核心部件之一。高能所从北京正负电子对撞机时期开始，一直致力于正电子源课题的研究，并持续进行优化设计，不断提高其性能。磁号及固态脉冲电源的成功研制，为 CEPC 的预研制提供了关键的技术储备。

本次专家测试组由中国科学院上海高等研究院、中国科学技术大学、高能物理研究所的 7 位专家组成。该项目是国家重点研发计划“高能环形正负电子对撞机相关的物理和关键技术预研究”项目中课题二加速器关键技术研究的任务之一，由高能物理研究所加速器中心直线组负责设计和研制。



## CONTENTS

- 1.3 GHz 9-cell high Q superconducting radio frequency cavity research in IHEP has made a major breakthrough
- The CEPC physics research team was awarded the Most Influential Paper Award by the Chinese Physical Society
- The workshop "CEPC pilot studies on physics and key technologies" was held at IHEP
- The 2020 International Workshop on the High Energy Circular Electron Positron Collider was held in Shanghai
- The 6th Circular Electron Positron Collider International Advisory Committee Meeting was held online
- The 9th IHEP-KEK Superconducting Radio Frequency Technology Cooperation Meeting was held online
- Higgs physics and related new physics searches project annual meeting was held at IHEP
- Pulsed flux concentrator for the CEPC positron source passed process test

环形正负电子对撞机简报（季刊）  
主办：环形正负电子对撞机研究组  
地址：北京市石景山区玉泉路 19 号（乙）  
邮编：100049  
Email：cepc-news-editors@maillist.ihep.ac.cn



欢迎关注 CEPC 网站