

高能物理的未来发展

—— 祝贺叶铭汉先生90大寿

王贻芳

2015年4月2日

祝贺叶铭汉院士生日快乐、身体健康！



目录

1

我国高能加速器发展的曲折历程

2

高能物理研究——世界高科技领域的中国席位

3

高能物理的未来发展——从一席之地到全面领先

我国高能加速器发展的曲折历程

我国的高能物理研究自50年代参与“联合核子研究所”起，取得了“发现反西格玛负超子”等重大成就，也经历了曲折的历史。

建设自己的高能加速器基地是几代人的梦想。

经历了30多年“七下八上”的曲折发展历程，最终于1988年建成北京正负电子对撞机，在国际上占有了一席之地，奠定了我国高能物理研究发展的基础。

以叶铭汉先生为代表一代科学家，承先启后，是这一过程的中流砥柱。回顾他们的努力、梦想和成功，对我们及下一代思考现在与未来发展很有启迪。

我国高能加速器发展的曲折历程

1

2GeV电子同步加速器方案

1957年，为了落实高能物理规划，我国科学家借参加杜布纳联合原子核研究所的机会，组织力量赴原苏联等国学习。经过一年多的努力，在国外专家的指导下，完成了2.2GeV电子同步加速器的设计方案准备回国实施。1958年，中国进入“大跃进”年代，各项建设指标纷纷提高。一些人觉得2.2GeV能量太低，并且用电子做实验范围太窄，于是这个原定作为中国发展高能物理第一步的加速器方案被批为“保守落后”而下马。

2

12GeV质子同步加速器方案

在“大跃进”精神的影响下，新的方案建议建造15GeV 强聚集质子同步加速器。中国的赴苏实习组在苏联当时建造的7GeV 质子同步加速器的基础上，经过修改，最后完成了12GeV 的质子同步加速器的设计。由于设计思想落后，该方案虽然规模大但性能差，被中科院原子能研究所的专家叫停。于是，这个经过“大跃进”的高能加速器建设方案再次下马。

我国高能加速器发展的曲折历程

3

420MeV中能强流回旋加速器方案“205工程”

1959年底，杜布纳联合研究所的科学家发明了螺旋线回旋加速器。在该所工作的王淦昌等中国科学家建议中国建造一台比较适合国情的中能强流回旋加速器开展介子研究，该建议被采纳。后由原子能所派人到杜布纳联合所实习和进行初步方案设计，将加速器能量定为420MeV。在完成了物理设计之后，回国完善设计方案并开展预制研究。这个建设计划被称为“205工程”。后经论证，建造该加速器对物理工作意义不大，加之国内工业技术条件不具备，科学水平和技术力量不够，1961年因国家经济形势所限，该设计方案被取消。

4

6GeV的质子同步加速器方案

经过在杜布纳联合所的学习和实践工作，新中国培养出了一批加速器理论与实验人才。1965年，中苏关系破裂，我国退出联合所决定建设中国自己的高能物理实验基地，计划建造一台3.2GeV的质子同步加速器，后又将设计能量提高到6GeV。在进行方案设计同时还进行了选址勘察工作。1966年文化大革命开始，这个项目再次下马。

我国高能加速器发展的曲折历程

5

1GeV质子直线加速器方案“698工程”

1969年，为了响应中央“面向实际，面向应用”的号召，一部分人提出了一个直接为国防建设服务的“强流、质子、超导、直线”八字方案，计划建造一台以生产核燃料为目的的1GeV质子直线加速器，被称为“698工程”。还有人提出要建造烟圈式加速器和分离轨道回旋加速器。但后来由于设计方案的讨论不能达成共识，“698工程”最后不了了之。

从新中国成立到20世纪60年代，我国先后建成了高压加速器、静电加速器、感应加速器、电子直线加速器、回旋加速器，通过这些低能加速器的建造实践，为我国高能加速器的建造培养和储备了人才，同时在技术方面也奠定了必要的基础。但是，由于各种因素的影响，一系列关于高能加速器的设计方案被一个个搁浅。在中国自己的高能加速器上开展高能物理实验研究，是我国物理学家梦寐以求的理想。

我国高能加速器发展的曲折历程

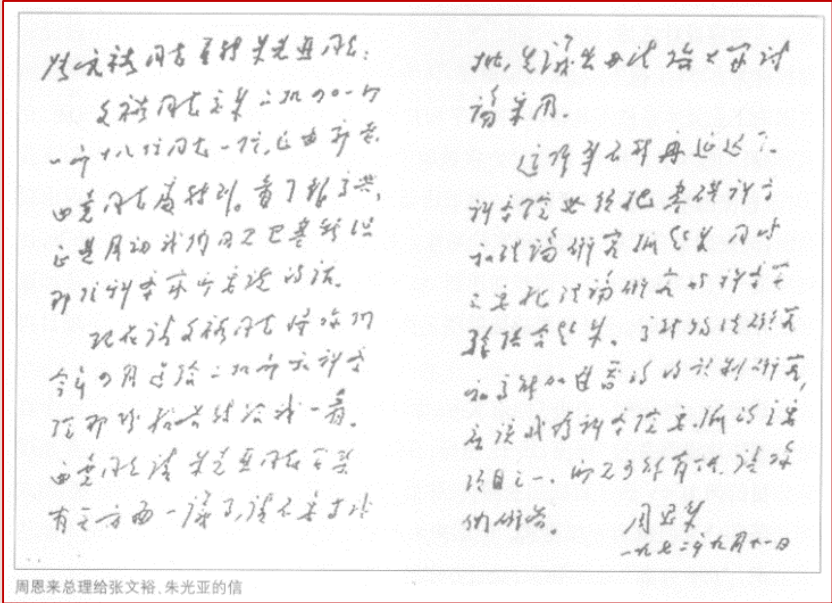
6

从高能所成立到“七五三工程”

1972年8月，张文裕等人联名致信周恩来总理强调发展高能物理的重要性。周恩来指示：这件事不能再延迟了。中科院等有关单位关于建设高能物理实验基地的初步方案获同意批示。1973 年初，高能所成立。

1974年，“批林批孔”运动致使高能加速器预制研究计划搁浅。1975年初，中科院和国家计委再次向国务院上报了关于高能加速器预制研究和建造的计划，周恩来与邓小平批示同意。国家计委把高能加速器研制工程列为国家重点科研项目，代号定为“753工程”。1975年11月，受“批邓、反击右倾翻案风”运动影响，工程未能顺利实施。

在“文革”的特殊环境下，一批人契而不舍，想尽了一切办法，推动了我国高能事业的发展。他们的追求、毅力、智慧和成功写就了我国高能事业发展的辉煌历史。他们永远是我们学习的榜样。



“这件事不能再延迟了。科学院必须把基础科学和理论研究抓起来，同时又要要把理论与研究与科学实验结合起来。高能物理研究和高能加速器的预制研究，应该成为科学院要抓的主要项目之一。”

我国高能加速器发展的曲折历程

7

50GeV质子同步加速器方案“八七工程”

1977年，国家科委、计委联合请示加快建设中国的高能物理实验中心，报告获批示同意，标志着中国高能物理进入了新的发展阶段，建设分三个阶段，第一阶段的目标为研制50GeV质子同步加速器，工程代号定为“八七工程”，高能物理被列为国家“八个影响全局的综合性科学技术领域、重大新兴技术领域和带头学科”之一。1980年底，在国民经济调整的大局下，中央有关部门最终决定“八七工程”缓建。此后，各项工作中断，工艺设计告一段落，资料存档。

1979年1月，邓小平率中国政府代表团访美，与美国签订了“在高能物理领域进行合作的执行协议”，并成立了中美高能物理联合委员会。中美高能物理联合委员会的成立对培养我国高能物理和高能加速器建设人才，引进先进技术与仪器设备都发挥了重要作用。



中美高能物理联合委员会第一次会议（1979年6月）

我国高能加速器发展的曲折历程

8

“八三一二工程”——北京正负电子对撞机工程

1981年初，邓小平批示重新讨论高能加速器的建造方案。中央决定利用“八七工程”预制研究剩余的部分经费进行较小规模的高能物理建设。经调研、论证，征求中美高能物理联合委员会美方成员等意见，并反复讨论确定了“一机两用”的建造方案。

1983年4月，国务院批准了《关于审批 2×22 亿电子伏正负电子对撞机建设计划的请示报告》，工程正式立项。北京正负电子对撞机工程被定名为“8312工程”。

1984年10月7日，总投资2.4亿元的BEPC工程在玉泉路破土动工。



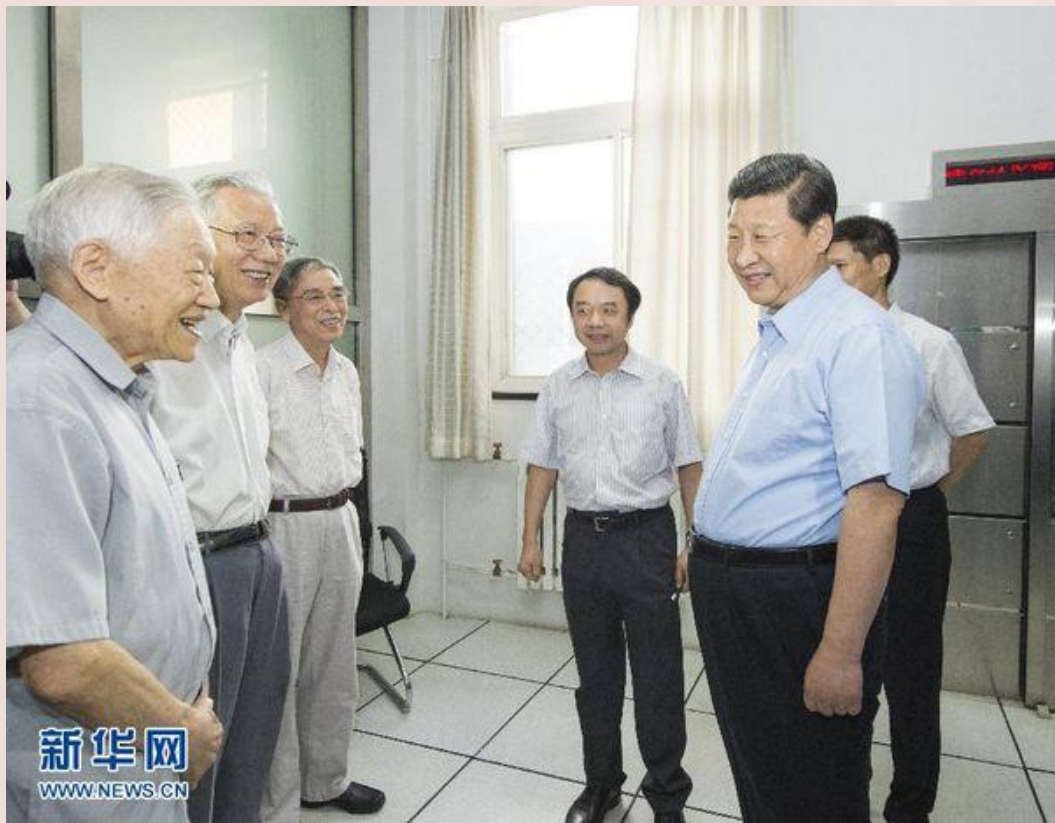
我相信，这件事不会错。

叶铭汉先生与北京正负电子对撞机工程

BEPC工程建设期间，叶铭汉先生是高能所所长。他也是张文裕先生的继任者，高能所第二任所长。

叶铭汉先生也是北京谱仪的负责人，成功领导了设计、建设和物理研究。他同时大力推动国际合作，大大减少了我们与国际先进水平的距离。





叶铭汉先生长期致力于创建我国核物理和高能物理实验基地，发展其关键的实验技术，以开展核物理和高能物理实验研究。为我国核物理实验基地和高能物理实验基地的建造和在世界高能物理实验研究领域占有一席之地作出了重要贡献。

我们要学习叶先生等老一辈科学家在艰苦条件下，淡泊名利、潜心科研、勇于开拓、不断创新的精神，正是他们的坚持和努力，奠定了我国高能物理事业的坚实基础，使我国高能物理研究在世界高科技领域占有一席之地。

目录

1

我国高能加速器发展的曲折历程

2

高能物理研究——世界高科技领域的中国席位

3

高能物理的未来发展——从一席之地到全面领先

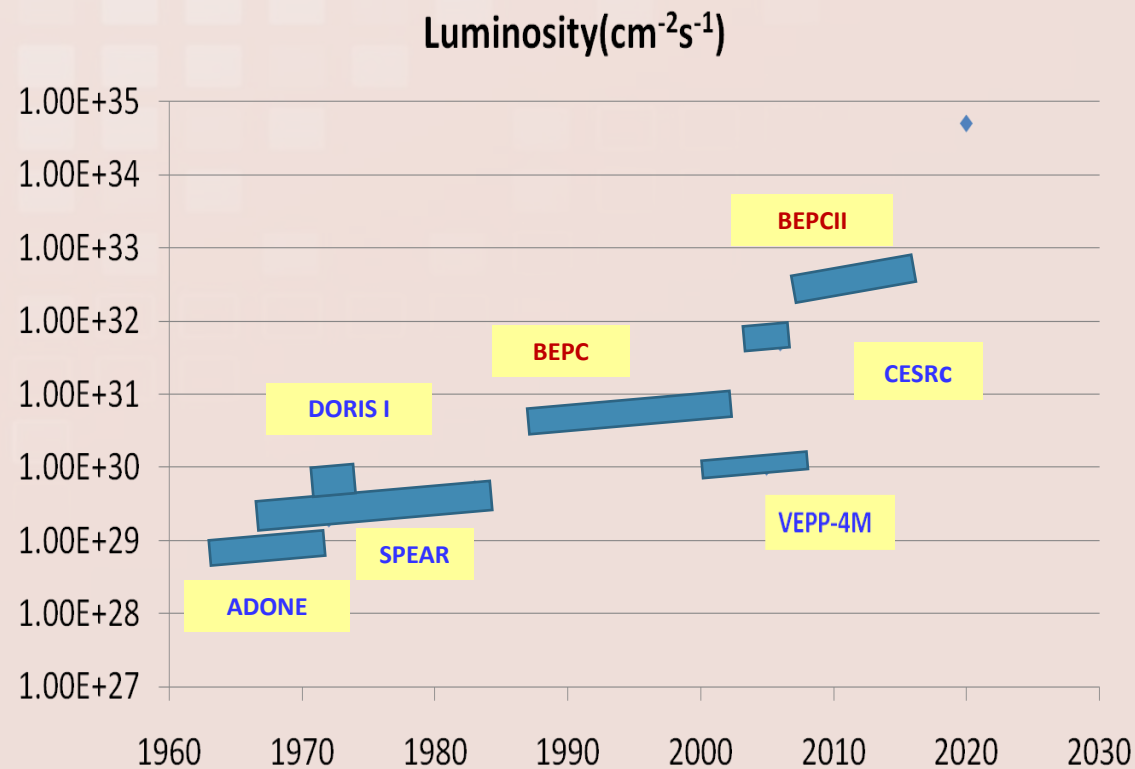
北京正负电子对撞机——我国第一台大科学装置

我国第一台大科学装置出手不凡，一建成就具有世界先进水平。

BPEC被称为继“两弹一星”后最重大的科学工程，它成功的意义已远远超出了其本身的科学意义，成为改革开放下振奋精神、自力更生、艰苦创业的典范。

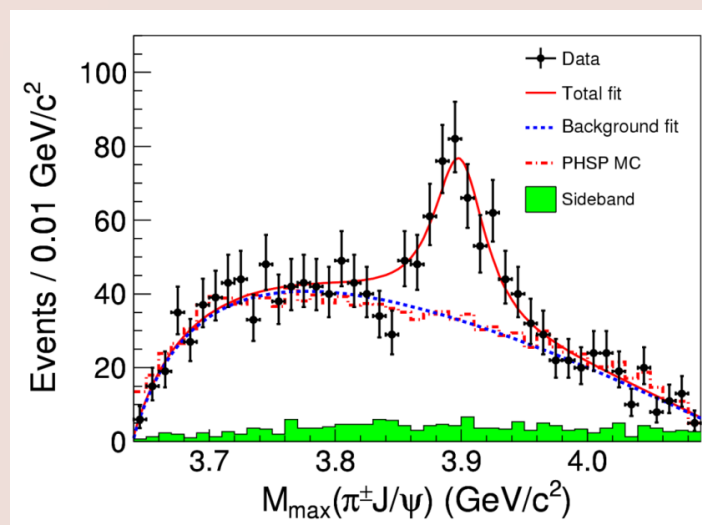
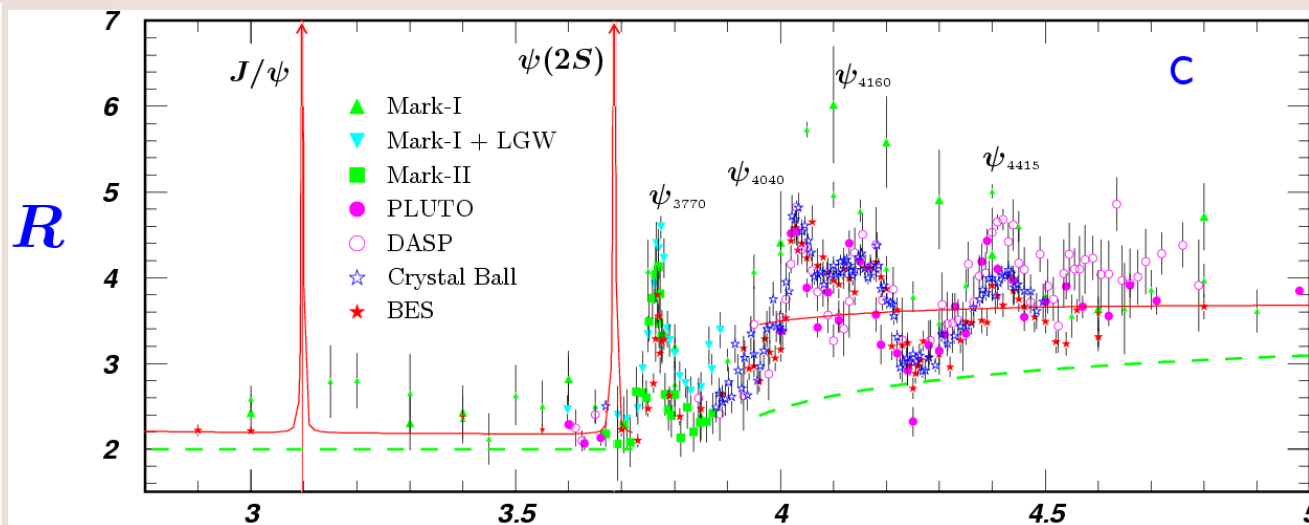
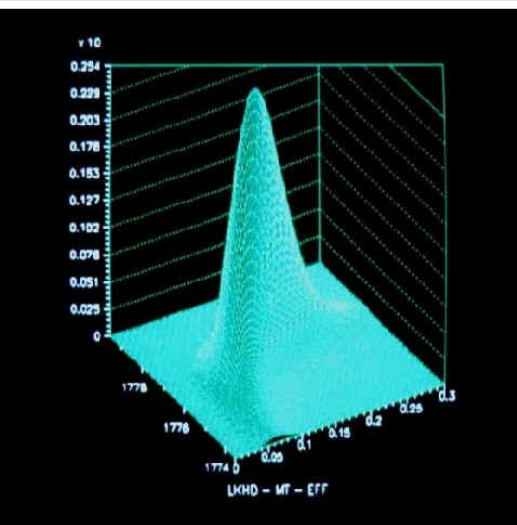
BEPCII成为国际上最先进的双环对撞机之一，使我国继续拥有世界水平的加速器。

今天看来BEPC仍然是当时所能做的最好选择：最具科学意义；使高能所获得了长达20年的发展空间，在国际高能物理领域占领了一席之地；培养了一支具有国际水平的队伍，推动了国内其他大科学装置的建设。



粲能区高能物理研究——世界科学领域的中国席位

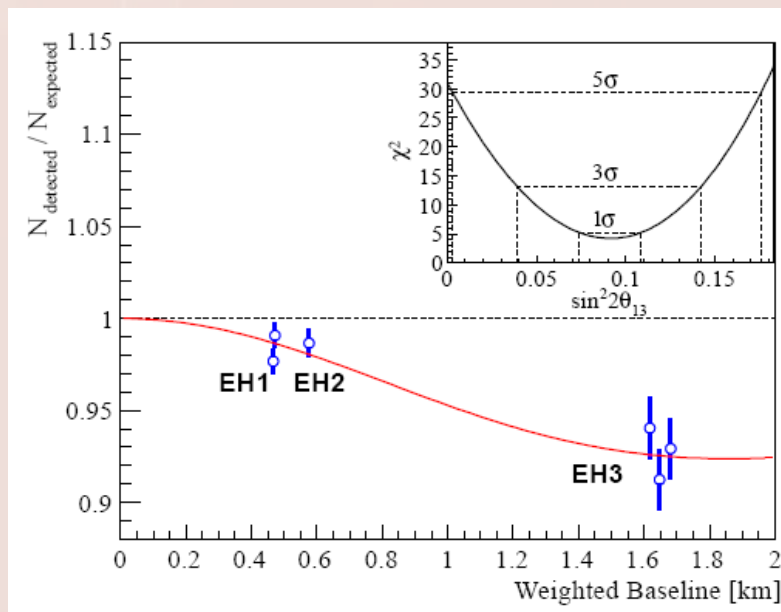
北京谱仪的 τ -粲物理研究取得了大批重要的物理成果，包括 τ 轻子质量的精确测量、 $\psi(2S)$ 粒子及粲夸克偶素物理的实验研究、2-5GeV强子反应截面的精确测量、发现X(1835)新粒子、发现新的共振结构Zc(3900)及其伴随态等。



反应堆中微子实验——世界科学领域的中国席位

大亚湾反应堆中微子实验发现新的中微子振荡模式，并测量到其振荡几率为 $0.092 \pm 0.016(\text{stat}) \pm 0.005(\text{syst})$ ，无振荡的几率为千万分之一。该发现为未来中微子物理的发展开辟了道路，入选美国《科学》杂志2012年度全球十大科学突破。

目前，二期项目——江门中微子实验已启动建设，将设计、研制并运行一个国际领先的中微子实验站，以测定中微子质量顺序、精确测量中微子混合参数，并进行其它多项科学前沿研究。

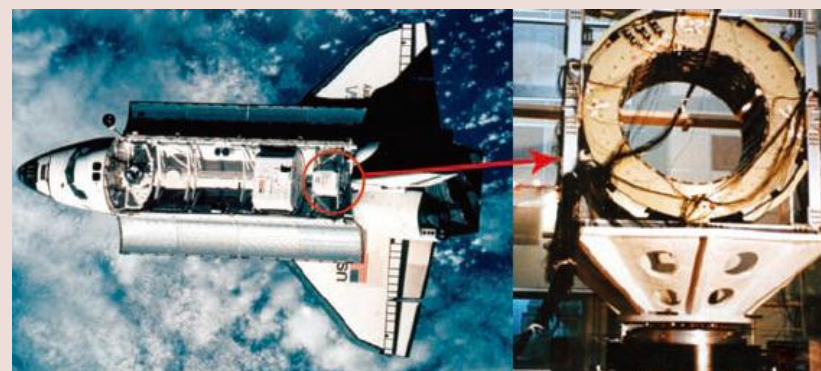
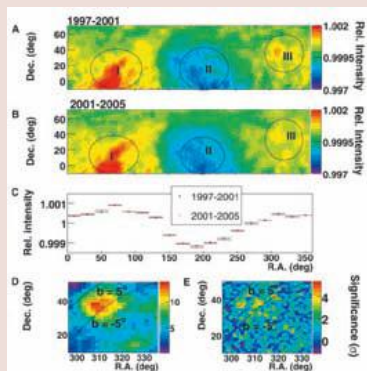


粒子天体物理研究——世界科学领域的中国席位

西藏羊八井的中日合作ASy实验发现宇宙线各向异性以及围绕银河系中心旋转的证据。该结果2006年10月发表于美国《科学》杂志，并被誉为里程碑式的成果。

高能所研制的X射线谱仪，是我国“神舟二号”飞船和探月工程嫦娥一号、二号、三号卫星的重要有效载荷。嫦娥二号X射线谱仪在国际上首次实现对月面X射线观测的全覆盖，获得国际首例月表铬元素X射线特征谱，首幅基于X射线谱段全月铝元素分布图。嫦娥三号卫星实现世界首次对月壤元素成分和含量的原位测量，其获得的X射线元素谱称为虹湾区的标准谱。

高能所作为主要力量参与了AMS实验永磁铁系统和主结构、电磁能量器的研制。该永磁体系统于1998年、2011年两次搭载飞机进入国际空间站，是人类送入太空的第一个大型永磁体。2013年，实验发表了第一批物理成果，高能所在物理分析中发挥了重要作用。



交叉学科应用研究——世界科学领域的中国席位

北京同步辐射装置作为向社会开放的大型公共科研设施，为我国凝聚态物理、化学化工、生命科学、材料科学和环境科学的研究提供了一个坚实的实验平台，并且取得了一系列研究成果。如，测定菠菜主要补光复合物的晶体结构；解析SARS冠状病毒结构；用同步辐射方法研究瓮安大爆发化石，提出了古化石研究的创新性方法；利用BioXAZ方法，揭示砷剂治疗急性早幼粒细胞性白血病的分子机理.....



目录

1

我国高能加速器发展的曲折历程

2

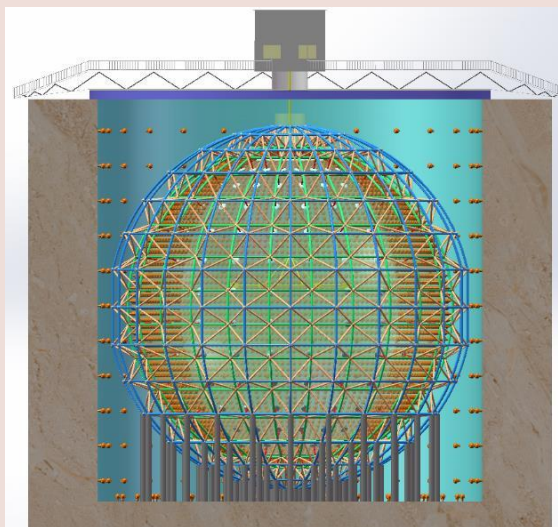
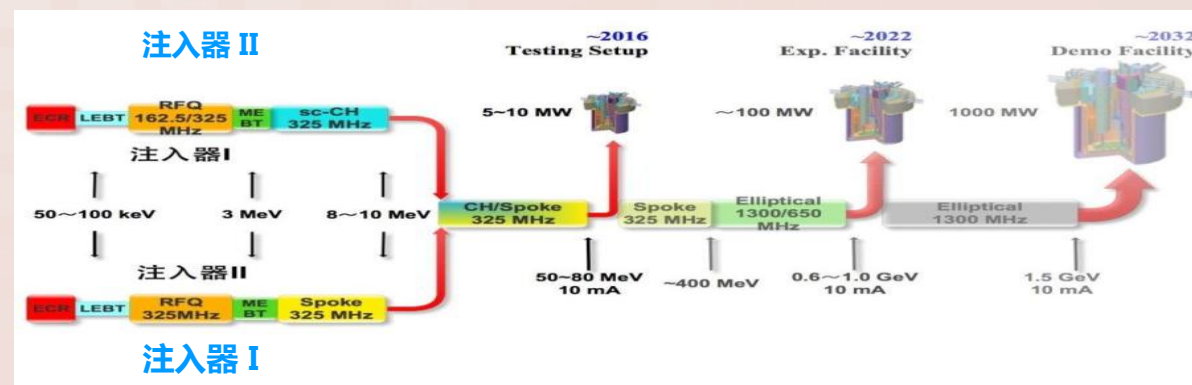
高能物理研究——世界高科技领域的中国席位

3

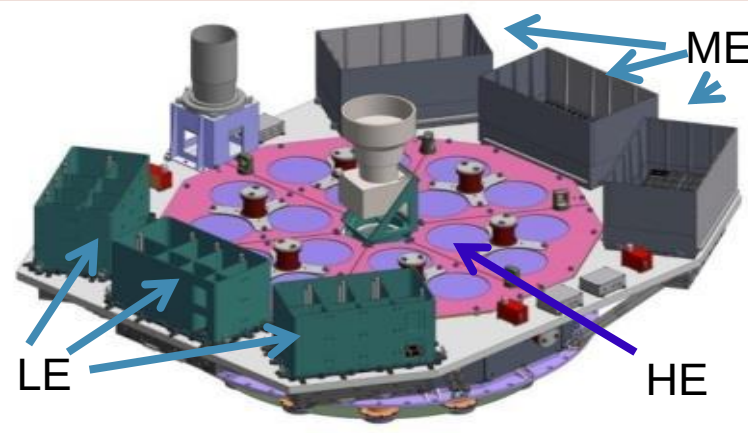
高能物理的未来发展——从一席之地到全面领先

正在建设的大科学装置

- **散裂中子源 (CSNS)**
“十一五”大科学装置, 2011-2018
- **加速器驱动次临界洁净核能系统 (ADS)**
科学院先导专项, “十三五”大科学装置
- **硬x射线调制望远镜 (HXMT)**
科学院空间科学先导专项, 2016年发射
- **江门中微子实验 (JUNO)**
科学院先导专项, 2015-2020年



目前国内遥感卫星载荷质量最大、最复杂

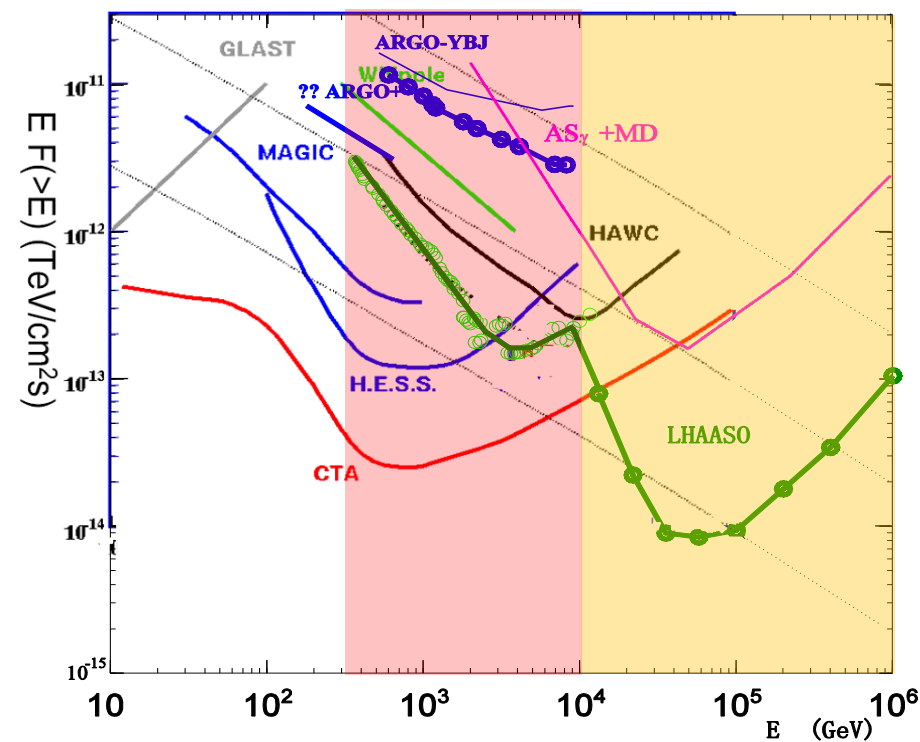


规划中的大科学装置

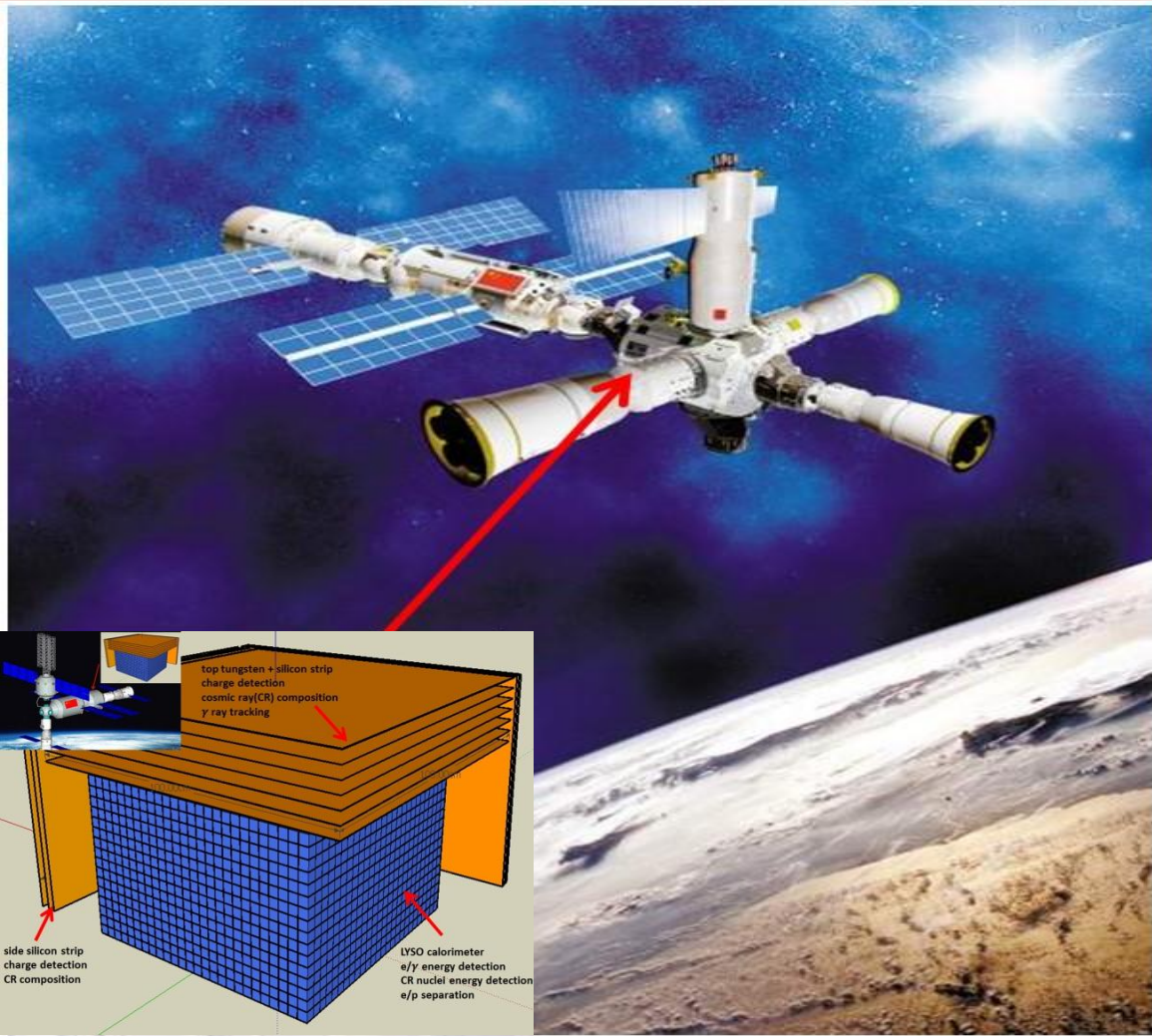
- **大型高海拔宇宙线观测站 (LHAASO)**> **国际领先**
“十二五” 规划，项目建议书已开始评审，2015-2020年建设
- **高能同步辐射光源 (HEPS)**> **国际先进**
R&D：“十二五” 规划，项目建议书已批准
建设：“十三五” 规划，希望 2017-2022建设
未来光源：FEL/ERL
- **基于空间站的高能宇宙辐射探测设施 (HERD)**> **国际领先**
已获“载人航天办公室” 初选支持，希望2025年完成
- **X射线时变与偏振探测卫星 (XTP)**> **国际领先**
预研工作已开展，目标2022年上天
- **环形正负电子对撞机-超级质子对撞机 (CEPC-SppC)**> **国际绝对领先**
CEPC (2022-2028)：周长50-100km的 e^+e^- 对撞机 (Higgs工厂，240 GeV)
已完成初步概念设计及其国际评审，目标：“十三五” 预研，“十四五” 开始建设
SppC (2035-2042)：同一隧道中的质子对撞机，50-100 TeV

大型高海拔宇宙线观测站（LHAASO）立项积极推进中

- 全面完成项目建议书编制并提交发改委，中咨公司已开始评审
- 选址于四川省甘孜州稻城（海拔4400米）



中国空间站高能宇宙辐射探测设施：HERD

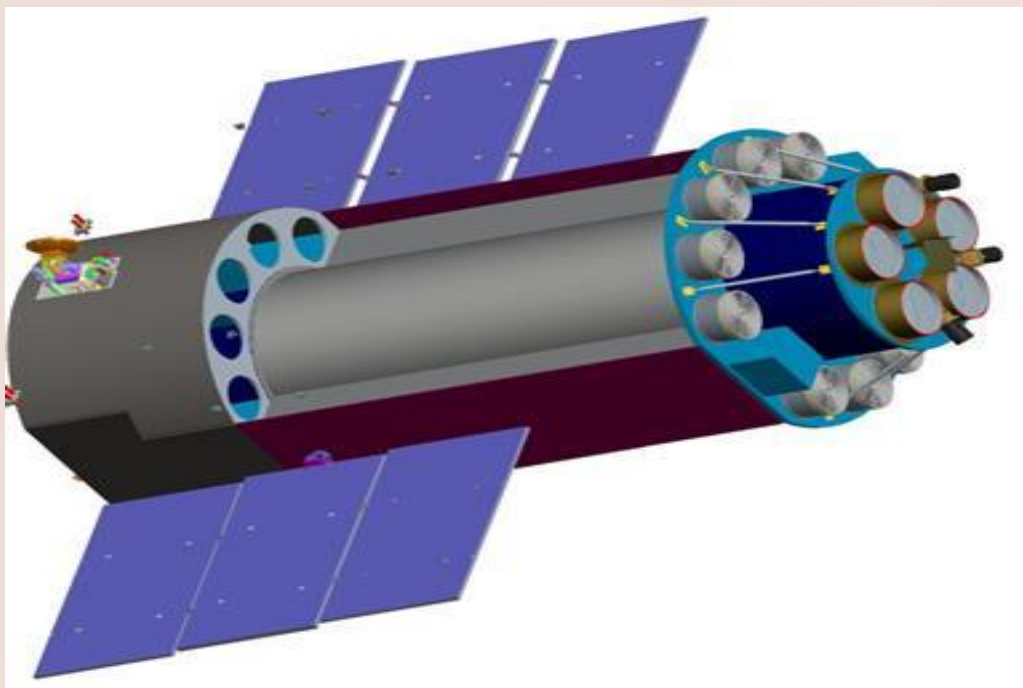


- 期望2020年后运行，主要科学目标是宇宙线成分精确测量和暗物质搜寻。
- 由于采用了三维成像、五面灵敏量能器的创新设计，HERD在能量分辨率、能量上限、探测精度和有效接受度等主要技术指标方面相比于已有或即将上天的空间暗物质探测实验将有明显、甚至成量级的提升。

	$X_0(\lambda)$	$\Delta E/E$ for e	e/p sep	e GF $m^2sr @$ 200GeV	p GF $m^2sr @ 1$ 00TeV
HERD (2020)	55(3)	1%	10^{-6}	3.1	2.3
Fermi (2008)	10	12%	10^{-3}	0.9	--
AMS02 (2011)	17	2%	10^{-6}	0.12	--
DAMPE (2015)	31	1%	10^{-4}	0.3	--
CREAM (2015)	20(1.5)	--	--	--	0.2

X射线时变与偏振探测卫星：XTP

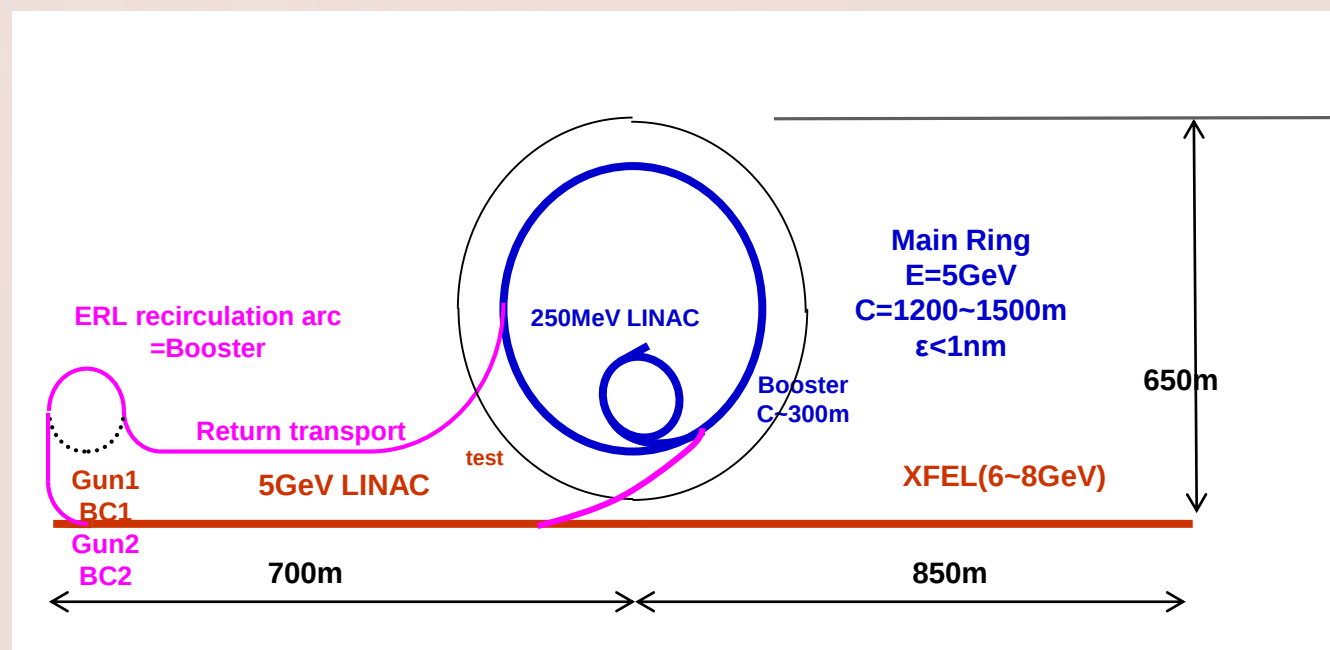
- 将是2020-2030年国际最重要的空间X射线天文台
- 科学目标：黑洞奇点；中子星和磁星；强引力、高密度、强磁场



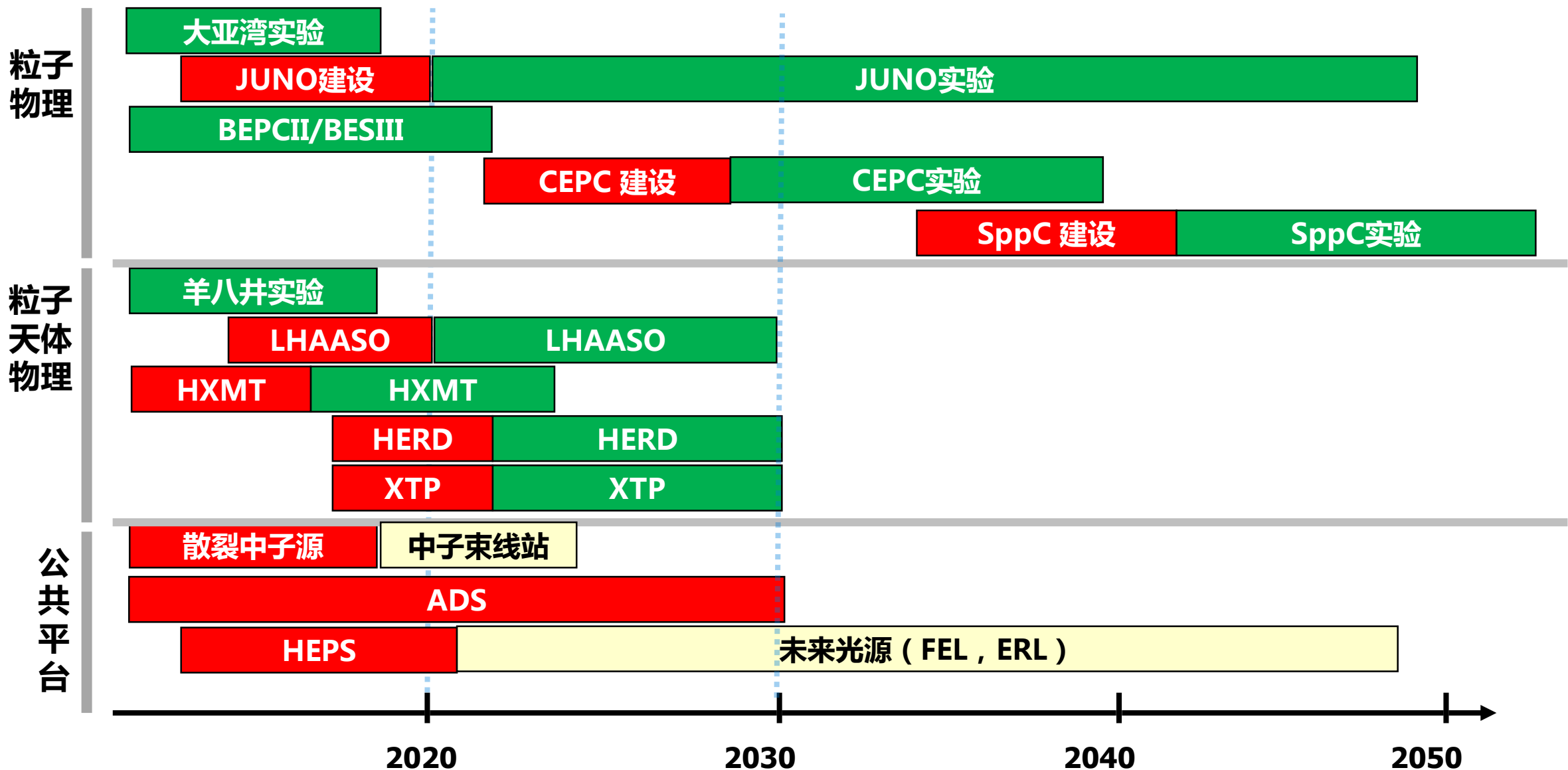
- 2011年入选为空间科学卫星背景型号
- 在2030年前国际有效面积最大的聚焦成像望远镜阵列
- 独特的高灵敏度、高时间分辨、无光子堆积的观测能力
- 高灵敏度的X射线偏振探测能力

北京先进光源（HEPS）积极推进中

- 预研的项目建议书已得到发改委批准。关键技术预研进展顺利，取得若干突破进展
- 建设的准备工作已启动



大科学装置建设进度规划图



承载梦想 引领未来——环形正负电子对撞机

新中国建立以来，我国的高能物理研究从零起步，虽历经曲折，但在老一辈科学家不懈努力之下，终于在激烈的国际竞争中脱颖而出，逐步走向辉煌。

CEPC-SppC，一个承载国家科技发展梦想、引领未来技术进步的战略科学工程，将使我国高能物理研究实现从“占有一席之地”向“世界全面领先”的跨越，并带动工业技术水平的创新发展。

These are among the most exciting and challenging issues faced by science today, driving the current research and the planning of future large-scale facilities throughout the world. Tackling this challenge would project China to world leadership in High Energy Physics. Developing such an advanced, large-scale project would also enable Chinese society to benefit from vast technological returns, in electronics, superconductivity, medical and industrial imaging, large data handling and transmission, to cite a few well-documented cases. Young generations would be deeply influenced by the intellectual excitement produced by the unraveling of the fundamental laws of Nature.



The committee strongly endorses the physics case of the CEPC, as outlined in the preCDR, recognizing it as an essential step in the understanding of Nature.

The committee strongly endorses the physics case of a long-term upgrade of the CEPC accelerator to a high-energy pp collider, with a target of ~100 TeV center of mass energy. The committee urges the project management to ensure that the CDR study gives high priority to the design of a tunnel in the range of 100km, to allow pp collisions at 100 TeV.

我们的愿景

定位：国际领先的高能物理研究中心，大型综合性多学科研究基地

2020年：基本实现“四个率先”

完成“一三五”规划目标。标志性任务：

北京谱仪、硬X射线调制望远镜重大成果；散裂中子源、江门中微子实验、高海拔宇宙线观测站建成

2030年：全面实现“四个率先”

建成世界先进的科学中心。标志性任务：

江门中微子实验、高海拔宇宙线观测站、空间站高能宇宙辐射探测设施重大成果；高能光源（及其后续）建成运行；环形正负电子对撞机建成；加速器驱动核燃料嬗变阶段性建成

2049年：建成世界科技强国，实现中华民族伟大复兴梦

建成世界领先的科学中心。标志性任务：

环形质子对撞机建成；加速器驱动核燃料嬗变.....建成



祝贺叶老生日快乐！