

# 高能同步辐射光源

设施通讯录

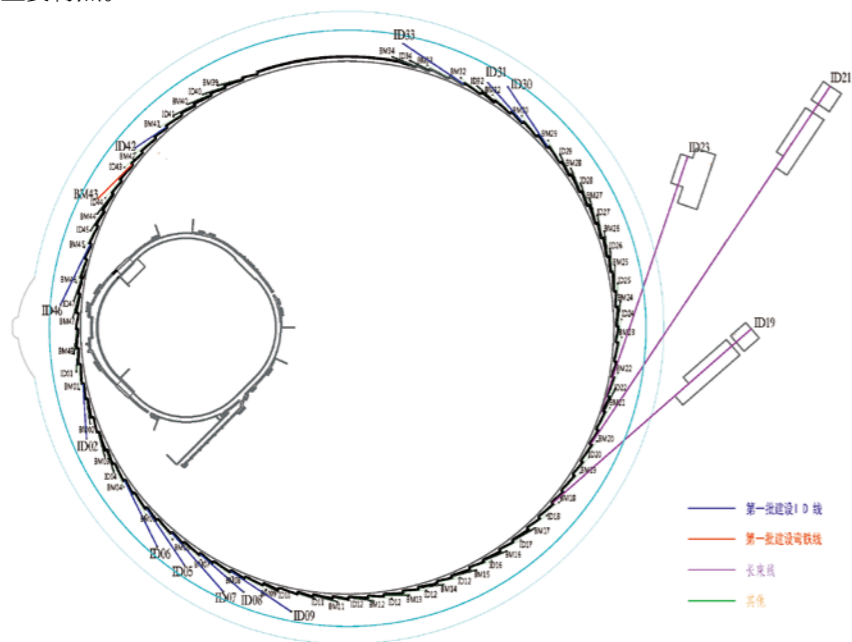
单位：中国科学院高能物理研究所  
地址：北京市玉泉路19号(乙)  
主楼A523室  
邮编：100049  
网址：heps.ihep.ac.cn  
电话：010-88235967  
邮箱：yuanmy@ihep.ac.cn

## 工程简介

2019年年中，在怀柔科学城北部核心区开工建设的，怀柔大装置集群中的核心装置——高能同步辐射光源HEPS(High Energy Photon Source)，是我国第一台高能量同步辐射光源，也将是世界上亮度最高的第四代同步辐射光源。

HEPS的整体建筑外形似一个放大镜，寓意为探测微观世界的利器，是“十三五”期间优先建设的，为国家的重大战略需求和前沿基础科学研究提供技术支撑平台的国家重大科技基础设施。项目由中科院高能所承担建设，主要建设内容包括加速器、光束线站及辅助设施等，建设周期6.5年。

HEPS储存环的周长1360.4m，电子束流能量为6GeV，亮度高于 $1 \times 10^{22}$  phs/s/mm<sup>2</sup>/mrad<sup>2</sup>/0.1%BW。通过采用7弯铁消色散(7BA)的结构单元，实现电子束流的水平自然发射度优于60pm·rad，这也是第四代衍射极限光源的主要特点。



HEPS建设高性能光束线站的容量不少于90条，首期建设14条公共光束线站(详见下表)，向工程材料、能源环境、医药食品、石油化工等领域的用户开放。HEPS可提供具有能量高达300keV的高能量、高亮度、高相干性等特点的同步辐射光，具备nm量级空间分辨、ps量级时间分辨、meV量级能量分辨能力。在为众多用户提供常规技术支撑的同时，还将为国家发展战略和工业核心迫切需求的相关研究，提供多维度、实时、原位的表征平台，解析工程材料的结构、观察其演化的全周期全过程，为材料的设计、调控提供信息。

HEPS首期建设14条公共线站列表

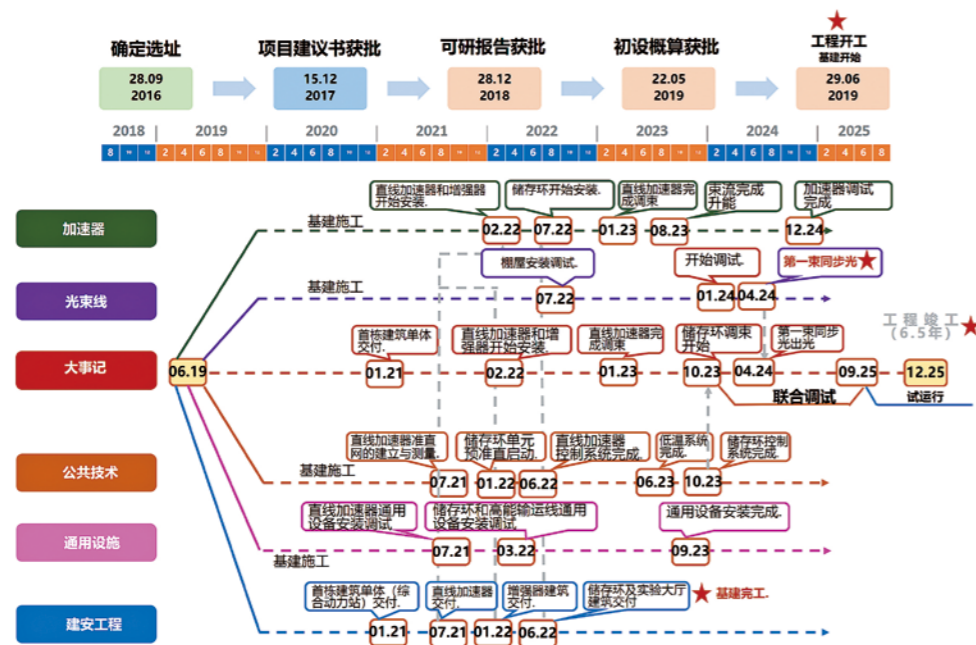
序号	线站名称	插入件类型	能量范围 [keV]	直线节 β	国家需求	工业应用	可持续发展	科学前沿	高能	低发射度	用户广泛
1	工程材料线站	CPMU	50~170	低	✓	✓	✓		✓	✓	✓
2	硬X射线纳米探针线站	IVU	4.8~40	低			✓	✓	✓	✓	
3	结构动力学线站	CPMU	20~60	低	✓	✓		✓	✓	✓	✓
4	硬X射线相干散射线站	IVU	7~40	低				✓	✓	✓	
5	高分辨谱学线站	IVU	7~25	低	✓			✓	✓	✓	
6	高压线站	IVU	20~50	低	✓			✓	✓	✓	✓
7	硬X射线成像线站	CPMU	10~90	低	✓	✓		✓	✓	✓	✓
		Wiggler	40~300	低				✓	✓		
8	X射线吸收谱学线站	IAU	4.8~45	高			✓	✓			✓
9	低维结构探针线站	IVU	4.8~40	低	✓		✓	✓			✓
10	生物大分子微晶衍射线站	IAU	5~18	高	✓		✓	✓			✓
11	粉光小角散射线站	IAU	8~12	高	✓	✓		✓			✓
12	高分辨纳米电子结构线站	APPLE-KNOT	0.1-2	高		✓		✓		✓	✓
13	通用环境谱学线站	弯铁	2.1~7.8				✓	✓			✓
14	X射线显微成像线站	IAU	5~15	高		✓	✓	✓			✓

## 建设进展

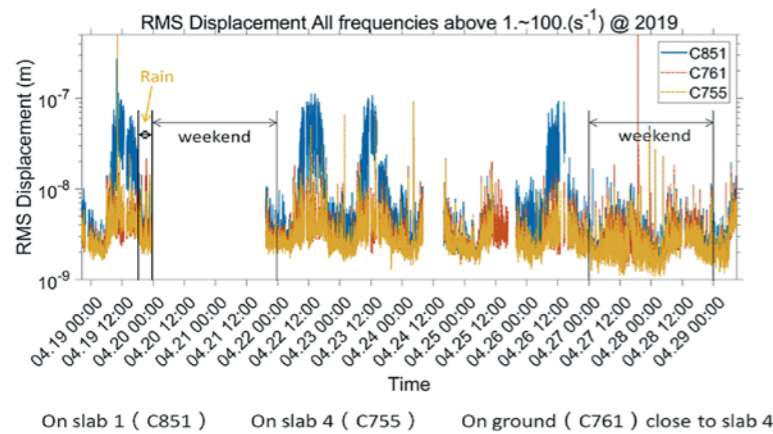
2019年是HEPS工程的开局之年，完成了项目初设概算审批、施工和监理单位招标等开工前准备工作，于6月29日按期全面开工启动。

### 建安工程及通用设施

总建安工程已完成11%，完成约70%换填地基。由于本项目工艺对防微振要求较高，要求振动频率在1-100Hz的垂直振动源在1秒内的均方根振幅小于25nm，且对不均匀沉降也有较高的要求(小于10μm/10m/year)。防微振设计及施工至关重要，主要包括地基、基础防微振和动力设备的隔振措施。其中体量最大、最关键的就是地基基础防微振。施工方预先浇筑试验段，验证施工工艺切实可行并确保达到各项检测指标后，在10月13日，全面开启防微振C15素混凝土地基换填大面积施工，总换填地基约12万立方米。



HEPS进度计划鱼骨图



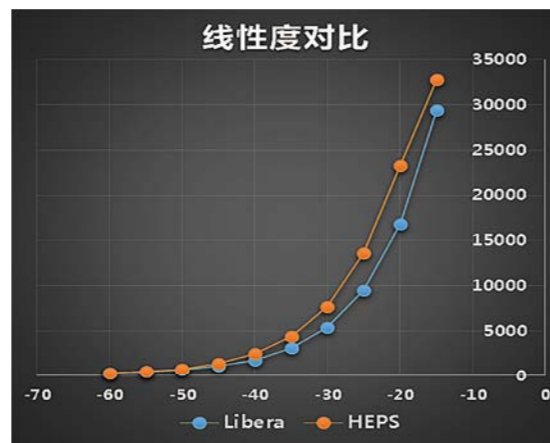
HEPS 选址地以及实验地块上地基振动的监测结果(垂直方向): 红色线为地面上的振动监测结果, 蓝色线为采取 1 米级配砂石以及 1 米钢筋混凝土方案实验地块上的振动监测结果(实验地块 #1), 黄色线为额外增加了 5m 注浆实验地块上的振动监测结果。

HEPS 通用设施设计参数基本落实, 施工图第一版已完成, 同时, 北京市电力公司于 2019 年 10 月批复高能同步辐射光源高压新装供电方案。

### 加速器

根据加速器硬件系统初设阶段实际设计中面临的困难及问题, 完成了调整后的储存环 lattice 方案 V3.0, 增强器 lattice 通过调整磁铁参数, 将发射度降到 16nm@6GeV。

磁铁、电源、束测等硬件系统基本完成深化设计, 开展样机研制等工作。其中:



自研数字 BPM 电子学与 libera 的线性度对比

快响应电源的新样机, 基于多电平拓扑, 取得较大进展, 各项指标基本满足物理需求, 电源输出带宽已经达到 10kHz, 输出电流纹波优于 20ppm, 电流稳定度优于 50ppm。

束测系统对 BPM 结构进行优化, 自研数字 BPM 电子学的线性度测试, 与进口商业产品 libera 电子学相比, 两者的性能非常接近。

注入引出系统提出总体优化注入的方案, 减小 Lambertson 磁铁切割板的厚度, 储存环 Lambertson 磁铁的切割板厚度为 2mm, 采用真空内设计方案; 增强器 Lambertson 磁铁的切割板厚度为 3.5mm, 采用真空外设计方案。

### 光束线站

完成 14 条束线光学设计优化, 包括各束线光学设计、备选方案、插入件参数优化。稳定性是光束线的核心要求, 在稳定性设计及测试方面均有进展, 包括新型白光镜冷却设计、高本征频率镜箱单色器机械设计、建立振动测试系统。

北京同步辐射装置(BSRF)3W1 束线进行了升级改造, 为 HEPS 提供了高能 X 射线测试平台, 利用白光和单色光, 开展了动态加载和激光 3D 打印的快速探测, 以及工程材料的成像研究。其

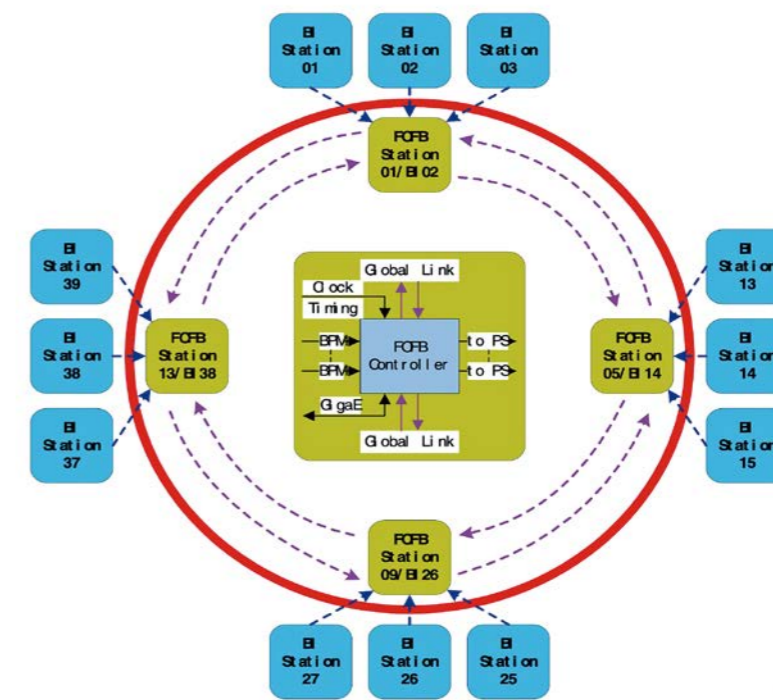
中, HEPS-TF 工程研制的超导扭摆器、高能 X 射线单色器在该线站投入使用, 提供高能 X 射线单色光。同时, 该线站白光棚屋及配套水气电的建设为 HEPS 棚屋建设提供了宝贵经验。

### 公共技术

控制、快轨道反馈、低温、辐射防护等公共技术系统按进度推进相关工作。

定时系统已完成自研板卡第二版性能测试, 并为板卡搭建控制环境, 编写了驱动程序, 同时与 DESY 合作开发 microTCA EVR 板卡; 快轨道反馈系统完成了主逻辑背板 FPGA 芯片选型, 并继续深化设计以减小延时; 快校正子样机完成制作, 并与快响应电源进行了初步的联合测试; 低温系统完成了系统深化设计方案, 确定了相关设备与管路的尺寸和位置。

辐射防护与安全系统完成辐射剂量监测系统 and 人身安全联锁系统工艺设计方案; 使用蒙特卡罗方法、经验公式, 模拟优化了储存环迷宫、通风管道、高频出墙孔、准直器等部位, 以及各种类型光束线出墙棚屋、实验棚屋的屏蔽设计, 使其相对应的屏蔽外表面 30cm 处剂量率满足 2.5μSV/h 的屏蔽设计目标。



快轨道反馈系统框图

## 合作与交流

### 学术交流

为借鉴学习国际先进经验，交流技术，更好地推动HEPS设计和后续建设，HEPS工程积极争取相关经费支持，派出相关人员出访MAX-IV、PETRA-III等国际知名光源，参加衍射极限光源、X射线光学及应用、计算与网络通讯等相关国际会议，同时，引进Diamond、SLAC等相关领域专家来所交流。

4月17日，高能所与DLS签署合作备忘录，就同步辐射光源的建设进行战略合作。

### 研讨与评审

6月24日，HEPS工程科技委召开第一次会议，对HEPS项目的进展进行交流。

12月16-18日，HEPS工程国际顾问委员会召开第二次会议，对项目关键技术和总体进度、管理等方面进行年度评审。

另外，根据相关系统进展，完成工程材料、低维结构探针等线站设计和定时系统设计国际评审。

## 大事记

- 1月18日 初设方案获得中科院批复。
- 3月14日 环评获得批复。
- 5月19-24日 HEPS应邀参加2019年北京科技周，吸引了相关领导、公众和青少年的广泛关注。
- 5月22日 概算获得批复。
- 6月24日 工程科技委第一次会议召开。
- 6月29日 HEPS项目开工启动。
- 8月19日 监理单位签发开工令
- 10月13日 基础换填全面展开
- 12月16-18日 国际顾问委员会第二次会议召开。