

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

高能同步辐射光源HEPS (High Energy Photon Source) 是“十三五”国家重大科技基础设施项目，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。2019年6月，在怀柔科学城北核心区开工建设的，怀柔大装置集群中的核心装置。

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，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 1×10^{22} phs/s/mm²/mrad²/0.1%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 (详见表 1), 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。在为用户提供常规技术支持的同时, 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。

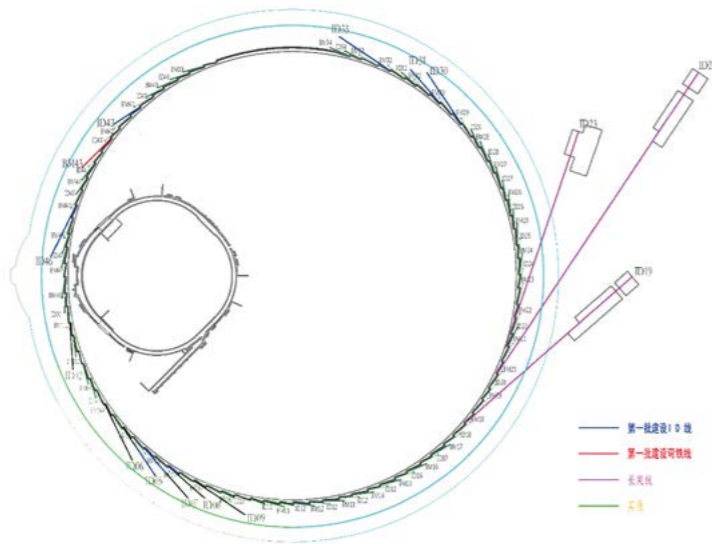


表 1 HEPS 首期建设 14 条公共线站列表

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		√	√	√			√

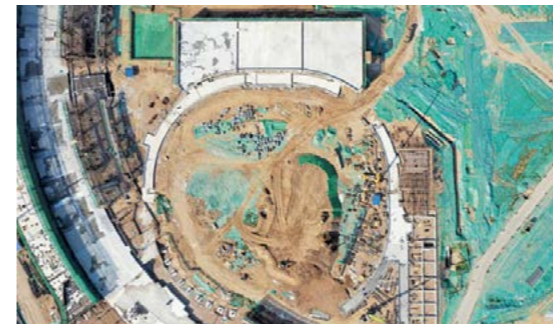
建设进展



现场航拍 (2020 年 1 月拍摄)



现场航拍 (2020 年 12 月拍摄)



4 月 30 日, 增强器高频厅建筑主体结构封顶



5 月 19 日, 综合动力站建筑主体结构封顶



储存环实验大厅施工 (四区) (2020 年 3 月拍摄)



储存环实验大厅施工 (四区) (2020 年 12 月拍摄)

2020 年是不平凡的一年, 突如其来的新冠疫情席卷全球, 在各级部门的指导和支持下, HEPS 工程人员不忘初心, 顽强坚守, 克服疫情的影响, 保证 HEPS 取得了很好的进展。

年初, 建安工程参建各方及时成立疫情防控小组, 制定了详细的疫情防控方案和突发疫情应急预案, 积极做好防控措施, 于 2 月中旬率先复工。防微振基础换填工作全部完成, 储存环大厅大跨度钢结构施工进入尾声, 增强器高频厅、综合动力站、用户实验楼建筑主体结构相继封顶, 储存环隧

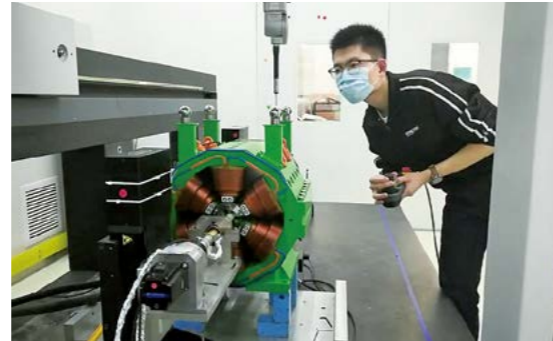
道重晶石砼施工工艺研究完成并已浇筑 2000 多立方米, 经抽检满足工艺要求。年度累计完成混凝土浇筑 27 万立方米, 钢筋绑扎 19000 吨, 钢结构安装 5000 吨。

科研设备样机研制和批量招标采购工作全面展开, 加速器磁铁、高频、直线功率源、微波等设备批量样机到货调试, 水电等通用设备基本完成进场准备工作, 第一批光束线站工程设计取得阶段进展, 部分关键光学和精密机械部件完成试制, X 射线部分相干光学理论和实验方法进一步发展,

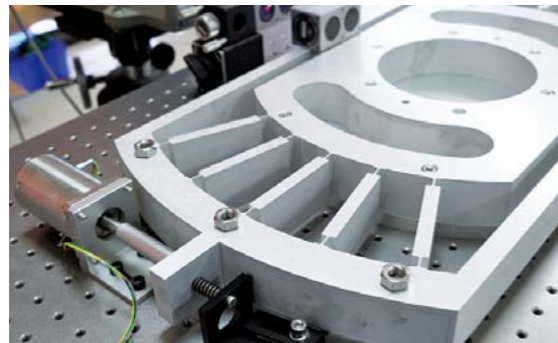
基于硅通孔技术的先进 X 射线像素阵列探测器工程样机研制取得阶段性进展，自研束流位置测量 (BPM) 电子学突破国际垄断，并成功应用于 BEPCII，自主研制阴栅组件样机完成，正在进行最后的测试。



国内首次成功研制弧形腔、内水冷的 S 波段加速管，完成微波测试，正在进行高功率测试



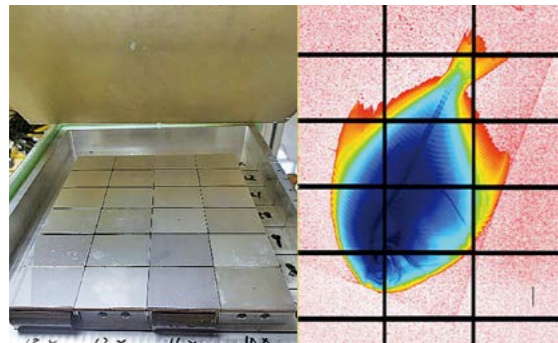
六极磁铁样机旋测 (高阶场分量小于 5×10^{-4} ，比设计指标好一个数量级)



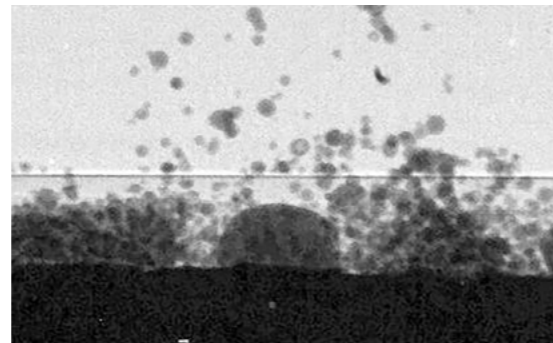
大载荷超高精度角度调节机构，自主研发采用柔性铰链工艺，步进分辨率达到 $300\text{rad}/\text{load } 70\text{kg}$



Channel-cut 晶体磁力抛光技术开发，实现内侧光学面纳米粗糙度、低应力抛光



基于硅通孔 TSV 技术 X 射线像素阵列探测器 18 模块工程样机研制成功，模块间的缝隙宽度减小至 2.5mm



不可逆过程动态探测方法发展，激光金属 3D 打印原位实时探测 90kfps , $10\mu\text{s}$



自研 BPM 批量样机完成调试，实验室闭轨分辨率达到 21nm ，正在 BEPCII 上带束测试



自主研制阴栅组件，初步解决了该项卡脖子技术

合作与交流

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 工程积极参与 ESRF、Diamond、PETRA-IV 等国际知名光源线上研讨会。同时，组织召开工程材料线站用户研讨会。根据相关系统进展，完成辐射防护、低温、电源等系统方案评审，第一批线站工程设计评审。

大事记

- > 2月10日 高能所宣布高能同步辐射光源工程指挥部成员名单。
- > 2月13日 HEPS 项目复工，是北京市怀柔区首个复工项目。
- > 4月13日 HEPS 项目防微振基础换填工作取得新进展，第一阶段的防微振基础换填混凝土浇筑工作全部完成。
- > 4月30日 增强器高频厅主体结构完成封顶。
- > 5月18日 2# 环外低温厅及综合动力站顺利完成主体结构封顶，封顶时间比原计划提前了4天。
- > 5月29日 HEPS 第一批磁铁——首台增强器二极磁铁和六极磁铁在北京高能锐新公司按期完成加工制造。
- > 7月1日 HEPS 工程首根屋面梁吊装完成。
- > 7月29日 HEPS 高性能 WR1800 波导定向耦合器自主研制成功。
- > 8月12日 HEPS 工程指挥部全面签订任务责任书。
- > 11月13日 探测器团队发布：TSV 工艺 X 射线像素阵列探测器研究取得重要进展。