

上海光源工程及其进展

同步辐射是由以接近光速运动的电子在磁场中作曲线运动改变运动方向时放出的电磁辐射,其本质与我们日常接触的可见光和 X 光一样,都是电磁辐射.由于这种辐射是在同步加速器上被发现的,因而被命名为同步辐射.同步辐射光源具有许多常规光源无法比拟的优良性能,如宽的频谱范围、高光谱亮度、高光子通量、高准直性以及具有脉冲时间结构等,已经成为材料科学、生命科学、环境科学、物理学、化学、医药学、地质学等学科领域的基础和应用研究的一种最先进的、不可替代的工具,并且在电子工业、医药工业、石油化工、生物工程和微纳加工等方面具有重要而广泛的应用.

上世纪 70 年代开始,发达国家逐步开展了同步辐射的应用研究.随着同步辐射技术方法的发展和應用範圍的不断拓展,对同步辐射光源的要求也不断提高,到目前为止,同步辐射光源的发展已经历了三代.第一代同步辐射光源“寄生”于高能物理实验用电子储存环.随着同步辐射光巨大应用前景和需求的显现,专门用来产生同步辐射光的第二代同步辐射光源应运而生.第三代同步辐射则是在此基础上实现低发射度电子储存并主要利用插入件来产生高亮度同步辐射的装置,其最高亮度与第二代同步辐射光源相比可提高上千倍.迄今为止,国际上已有 15 台第三代同步辐射光源投入运行,正在建造和设计中的第三代同步辐射光源也已达到了 10 台.

上海光源(Shanghai Synchrotron Radiation Facility, SSRF)是由中国科学院和上海市人民政府共同向国家申请建造的国家重大科学工程,其目标是建造一台高性能价格比的中能第三代同步辐射光源,包括一台 150MeV 的电子直线加速器,一台周长为 180m、能量为 3.5GeV 的增强器,一台周长为 432m、能量为 3.5GeV 的电子储存环和首批建造的 7 条光束线和实验站,其设计性能指标位居国际前列.SSRF 电子储存环设计流强为 300mA、发射度为 $3.9\text{nm} \cdot \text{rad}$,配以先进的插入件后,可在用户需求最集中的光子能区(0.1—40keV)产生高亮度、高通量的同步辐射光,最高光谱亮度可达到 $10^{20} \text{ photons} / (\text{s} \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{mrad}^2 \cdot 0.1\% \cdot \text{BW})$.

上海光源工程于 2004 年 12 月 25 日正式破土动工,由国家发改委批准的建设周期为 52 个月,目前各项工作正在按工程总体进度和计划进行.继 2006 年土建与公用设施工程全部完成后,2007 年上海光源工程工艺设备研制、安装与调试工作也取得了突破性进展.

2007 年 5 月开始直线加速器调束工作,目前已全部达到设计指标,并进入长期运行状态.增强器于 2007 年 9 月 30 日晚开始进行束流调试,并在短时间内成功地完成了束流注入、多圈循环、束流储存、3.5GeV 升能、束流引出等调束过程,为储存环调束提供了保证.储存环调束于 2007 年 12 月 21 日晚正式启动,当晚就获得了束流单圈和多圈循环,12 月 24 日早晨成功实现了 3GeV 电子束储存,并在同步光诊断线和 BL16B 光束线前端区观测到了同步辐射光.目前,储存环的运行能量为 3GeV,流强为 10mA,寿命为 4—5 小时.上海光源光束线站工程建设也已全面进入设备加工制造阶段,先期完成的部分设备已开始进入现场安装,其中首批线站前端区已全部完成安装并与储存环连接.

SSRF 首批正在建造的 7 条光束线之中,5 条基于插入件光源,分别是生物大分子晶体学、X 射线吸收精细结构、硬 X 射线微聚集及应用、X 射线成像及生物医学应用、软 X 射线谱学显微,2 条基于弯转磁铁的光束线站,分别是衍射与 X 射线小角散射.SSRF 具有容纳 26 条插入件光束线、36 条弯铁光束线和若干条红外光束线等共六十多条光束线的能力,可以同时为近百个实验站供光.预计上海光源装置及首批光束线站将于 2009 年 4 月之前完成建造,之后将对国内外用户开放,可望成为 21 世纪我国重要的多学科交叉研究和高新技术开发实验平台.

本期杂志封面为上海光源工程的航拍全景图.

(中科院上海应用物理研究所 何建华)