

基于 Geant4 的中子慢化准直系统设计

(征文范围: 4. 数据处理与分析方法)

关联成像是新兴的量子信息与成像光学的交叉前沿热点, 中子关联成像在理论上被证明可以实现。中子关联成像要求中子处于热中子能区且能达到一定的通量。为了得到一定通量的热中子束流, 就需要对中子源产生的 14MeV 热中子束流进行慢化并进入准直系统。

如果用实验室试验的方法来研究中子与材料的相互作用, 既需要耗费大量的实验材料, 又需要进行长期的多次的实验。这样的方法不仅效率低下, 需要大量的人力物力, 而且数据的获取和处理分析任务也很繁重, 并且会在试验过程中受到种种不利因素的影响, 导致结果不够理想和准确。而应用基于蒙特卡洛方法的 Geant4 应用程序包在计算机上做模拟实验来研究材料的慢化效率, 就可以省去进行长期、多次实验的过程, 直接就不同情况得到相应的模拟结果, 并且结果也比较准确。

利用 Geant4 仿真工具, 对不同材料对中子的慢化能力进行仿真, 以确定慢化层的结构。最终仿真结果: 铅可以很快地将 14MeV 的快中子慢化至 1MeV 能级, 慢化效率随厚度增加呈先增后减趋势, 存在最佳慢化厚度; 聚乙烯的慢化效率与厚度和密度有关, 若用于慢化 1MeV 能级的中子时, 慢化效率比直接慢化 14MeV 的快中子要高。最终选取铅和聚乙烯组合作为慢化层材料。

准直系统需要完成准直的功能, 因此准直通道的外壁材料应能够尽量多地反射中子, 使中子能够一直在孔道中行进。利用 Geant4 仿真工具, 对不同材料对中子的反射能力进行仿真, 发现铝、铅等材料对中子有不同程度的反射能力。其中, 铅对中子的反射能力已经通过实验得到验证。因此准直通道采用铝、铅组合的材料构成。

中子慢化准直系统主要由以上慢化部分和准直部分组成, 最终准直通道出射的热中子束的通量可以满足实验研究的需求。同时这一结构仍有改善的余地, 今后将对这一结构继续进行改进。

Primary author: Mr WANG, Baochen (University of Science and Technology of China)

Co-author: Mr 金, 革 (University of Science and Technology of China)

Presenter: Mr WANG, Baochen (University of Science and Technology of China)