



彭先觉,湖南湘潭县人,原子核物理学专家,中国工程院院士。曾任中国工程物理研究院科技委主任、科技部国家磁约束聚变专家委员会主任。现为工程物理研究院研究员、中国核学会副理事长。

卷首语 Foreword

科技导报 2012,30 (21)

核能未来之我见

现在,全世界每年消耗的能源总量约 160 亿吨标准煤。随着工业化的进程和人类生活水平的提高,能源消耗量势必还会不断增长。按目前的能源结构来推算,化石能源在百年之内将面临枯竭。为了减少对环境 and 气候的影响,人类应该尽量少用化石能源。从资源储量看,能够支持人类长久文明的能源,将主要是太阳能和核能。与太阳能相比,核能的主要优势在于规模化、稳定性和经济性。因此,我们寄希望于核能,并期望在不久的将来它能成为规模能源的主力。

核能,分为裂变能、聚变能及聚变-裂变混合能三大类。裂变能是利用中子与铀、钚、钍等重核发生裂变反应而释放的能量;聚变能主要是利用氢同位素氘、氚发生热核聚变反应而释放的能量;聚变-裂变混合能则是利用聚变产生的大量中子驱动次临界裂变堆而释放的能量。核能要成为未来规模能源的主力,必须要解决好安全性、经济性、资源利用率和核废料处理等几方面的问题。从目前所研究的各种核能技术途径看,有望成为未来持久能源的将是快堆(又称快中子增殖堆)、聚变堆和聚变-裂变混合堆。其理由是:热中子堆,如压水堆、沸水堆、重水堆和高温气冷堆等,均只能主要烧铀-235 和钚-239 等易裂变核素,铀资源的利用率不到 1%,而铀资源有限,不能成为长久能源,且核废料的处理还面临一定的困难。快堆通过核燃料循环可将铀资源的利用率提高至 60% 以上,现有资源即可供人类使用千年,故有很好的前景。当然,快堆要在不久的将来(100 年之内)成为规模能源的主力尚不可能,这是因为现有堆型都要使用较多的钚(钚要从热堆核废料中提取),且核燃料的倍增时间较长(30 年以上)。另外,快堆要长久运行,还必须很好解决核燃料的后处理问题,这对它运行的经济性也会有一定的影响。无疑,这项技术值得发展下去。聚变,分磁约束聚变和惯性约束聚变,无论那种途径,都还有一段路要走。但可以预见,要建成纯聚变能源系统,并使之在各种能源技术途径中具有竞争力,则是十分遥远的事。因此,比较现实可行的办法是走聚变-裂变混合能源的道路,这也是我们应积极倡导的。

近年来,中国工程物理研究院研究团队在探索研究混合堆技术路线时,提出了一种先进的次临界能源堆概念设计。这种堆以天然铀为初始核燃料,以水作传热(慢化)介质,其能量放大倍数 10—20(与聚变能相比),造氚率(TBR)大于 1.05,具有很大的易裂变核素增值比,因而可以采用“简单干法”进行核燃料循环。由于它大大降低了对聚变放能的要求,使得聚变能技术应用在不太长的未来成为可能。它既可与磁约束聚变中子源相配,也可以与惯性约束中子源相配。它的明显的优点是:深次临界($K_{eff} \ll 1$),无临界安全问题,且容易实现非能动余热安全,不会出现放射性泄露事故,不需要场外应急系统;能够实现烧铀-238 和钍-232,并可从天然铀开始,因而可以成为千年能源,且少受资源约束,只要聚变中子源技术过关,就可大规模使用;核燃料循环简单,换料周期长(5 年以上),具有很好的经济性;不需要进行铀-钚循环,也不依赖铀同位素分离技术,具有独到的防扩散功能;堆同时具有较好的嬗变功能,所产生的次锕系元素基本都在堆内被嬗变掉,且在核燃料循环过程中基本不向外界排放放射性物质,是非常清洁环保的能源系统。

(中国工程物理研究院,四川绵阳 621900)