



徐铄,快堆专家,中国工程院院士。现为中国核工业集团公司快堆首席专家、中国原子能科学研究院快堆工程部总工程师、国家能源工程快堆工程研发(实验)中心学术委员会副主任。中国快堆事业的开拓者和奠基人之一。

卷首语 Foreword

科技导报 2017, 35(13)

加快核电发展,有效降低碳排放

中国目前已成为世界最大的能源消费国,碳排放总量居世界第一;虽然一直积极倡导并践行节能减排,但减排形势仍然严峻。中国的碳排放量高,主要原因在于煤炭一直是主要能源,当前中国国内煤炭消耗量占全球1/2以上,2016年国内煤炭消耗量占一次能源消费比重的63%,而且用于发电的耗煤量占煤炭消费总量的1/2左右^[1]。为了有效减少碳排放,中国需要大力发展清洁能源。在清洁能源中,核能的优点是能量密度大,单位能量机械设备体积小,制造消费少,占地面积小,从整个生产链看,核能每度电碳排放量是最小的,见图1。举一例:法国2014年核电发电量为 416.8×10^9 kWh,占全国总发电量的77%,排放的碳当量低于所有经济体国家,仅为中国碳排放量的3.4%^[2]。而中国电力生产中核电所占比例较低,2015年仅占3.01%,因此需要大力加快核电的发展。

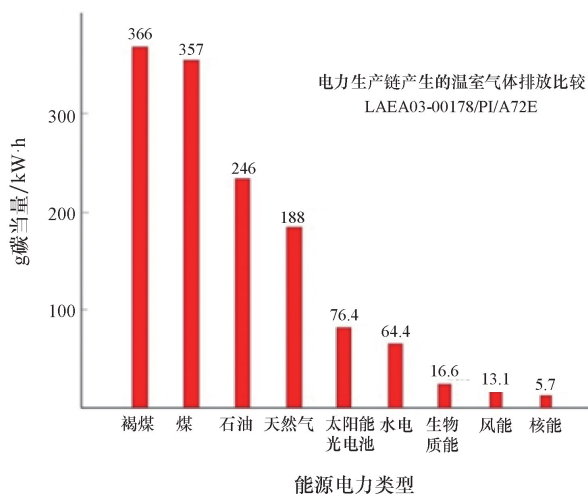


图1 各种能源电力生产链产生的单位碳排放比较
(图片来源:IAEA03-00178/PI/A72E,IAEA为国际原子能机构)

早在1983年6月,国务院科技领导小组就提出中国核能发展三步走战略:压水堆—快堆—聚变堆(除了以上3种核能发电的不同堆型,实际上在核能发展中也需发展其他堆型)。2010年中国工程院和国家能源局向国务院提出核电的发展规划:2020年,实现核电装机容量70 GWe;2030年,实现核电装机容量200 GWe;2040年,实现核电装机容量400 GWe以上。

1 GWe即100万kW电功率,大约可供应一个拥有100万人口城市的全部民用电。据《中国核电年鉴(2016)》有关数据显示,2015年中国大陆有28台商业运行核电机组,装机容量为2642.7万kW,另有在建机组26台,装机容量为2935.0万kW,除了运行的两座小的重水堆核电机组外,其余全是压水堆核电机组,合在一起核电总容量55.78 GWe,实际上,今后中国还会有超高温气冷堆等堆型发展起来,增加核电总容量。压水堆主要利用U-235作裂变燃料,但它只占天然铀的0.7%,压水堆需要3%的加浓U-235,在加浓过程中U-235有损耗,堆运行后,乏燃料中还有未裂变的U-235,在压水堆中燃料是一次通过的,如此压水堆对铀资源的利用率约为0.45%。如果燃料无限次再循环,压水堆对燃料利用率也只有1%左右。

装机容量1 GWe的核电站运行60年将消耗天然铀1万t,如果到2040年,核电站都是压水堆,则全寿期需要400万t天然铀。世界核协会总干事丽欣2016年9月15日在世界核协会第

41届年会中提到:到2050年核工业界能够达到1000 GWe核电装机容量。如大部分利用压水堆,将来也需要1000万t天然铀。但是2016年11月30日OECD/NEA与IAEA联合发布新版铀资源红皮书(2015年),已查明铀资源总量(即合理确定铀资源量与推断铀资源量之和)仅有764.16万t,开采成本低于260 \$/kgU,而目前的商业铀价只有20~40 \$/kgU。

实际上,中国核能发展战略的第二步——快堆,即将发展起来。20 MWe中国钠冷实验快堆已建成运行,600 MWe钠冷示范快堆2017年底将开始建造,预计2023年建成。可以设想在2025—2035年,推广4~5座示范快堆,之后建成一座1200 MWe大型钠冷金属燃料快堆,而后再进行推广,快堆将迅速发展起来。快堆的优点在于示范快堆和大型快堆的裂变燃料在运行时能够增殖。金属燃料的快堆增殖比能达到1.582,倍增时间能短到6.2年。真正消耗的是天然铀中占99.2%以上的、不大能裂变的U-238。

快堆燃料燃耗如果达到6%以上(目前快堆已达到7%以上),燃料循环中损失3%,则燃料利用率达到60%~70%。假如燃料利用率得到提高,则更贫的铀矿值得开采,这样世界开采铀资源要提高1000倍。快堆与闭式燃料循环系统相匹配就能实现核能的可持续发展而无核资源匮乏之虞,亦无高放射性废物长期贮存导致环境污染风险之忧,因此,核能可以更多地开发。

参考文献

- [1] 能源评论编辑部. 寻找新方位[J]. 能源评论, 2017, (1): 25.
- [2] 晨曦. 法国:核电大国的点子[J]. 能源评论, 2016, (8): 54-56.

徐铄

(中国原子能科学研究院,北京 102413)