



汪集旸，江苏吴江人，1995年当选为中国科学院院士，2001年当选为国际欧亚科学院院士，现任中国科学院地质与地球物理研究所教授。长期从事地热和水文地质研究，在大地热流、深部地热、矿山、油田地热和地热资源方面取得大量创新性成果并建立起颇具特色的中国地热研究体系，提出中低温对流型地热系统成因模式并撰写出世界上第一部专著；在同位素水文学、水文地球化学领域亦有不少创新性成果。

卷首语

Foreword

科技导报 2012,30 (32)

加快中国地热发电的步伐

自20世纪70年代初李四光教授提出开发地热能源，向地球要热的号召以来，中国地热能的开发利用取得了不小的成绩，主要表现在：①中低温地热直接利用始终走在世界前列，连续20多年总量排名全球第一；②浅层地热能的开发利用已取得相当大的成效，截至2011年底，中国城乡利用地源热泵进行的供暖、制冷、生活用热水的“三联供”建筑面积已超过1.4亿平方米；③随着人民生活水平的提高，温泉洗浴、疗养已成为多数人的诉求，全国已命名的“温泉之乡”、“温泉城”等已达数十个。

但是，也有不尽人意的地方，最大的不足是地热发电没有得到应有发展！中国目前唯一一座高温地热电站——西藏羊八井电站，20年来装机容量始终没有增加（约24.18MW），在世界地热发电国家中的排名已由2005年的第15位倒退至2010年的第18位！中低温地热电站也由20世纪70年代的7座减至目前仅有的1座——广东丰顺邓屋电站（300kW）。究其原因，我们认为主要是对地热作为一种“能源”来加以开发利用认识不足。从能源开发利用角度来看，地热发电远比地热直接利用来得划算：前者的能源利用系数（capacity factor）平均可高达73%，而后者仅为23%。大家知道，“能源利用系数”是衡量能源利用效率的一把尺子，在可再生能源大家族中，地热能的平均利用系数是风电的3—4倍，太阳能的4—5倍，生物质能的1.5倍，因此，它也可以作为一种基础负荷（Base load）来加以利用。

地热发电一般可分为高温（>150℃）、中温（90—150℃）和低温（<90℃）地热发电三大类。前者主要集中在板块边缘和板内活动带（如大陆裂谷区），而后者不太受构造背景的限制，只要地下水循环到一定深度即可获得相应温度的地下水。中国高温地热资源的分布主要集中在两个带上：一个是滇藏地热带，由云南西部腾冲火山区到藏南羊八井一带。此带实质上是地中海地热带东延部分，种种迹象表明，该带也很可能延至中国境内新疆地区。中国另一个高温地热带在台湾境内大屯火山区一带，它实质上是环太平洋地热带的一个组成部分。滇藏地热带可供发电的资源潜力可达500万kW以上，目前羊八井地热电站的装机容量只占其资源潜力的1/200，可见，还有大量地热资源可供发电利用。

说到中低温地热发电，中国在20世纪70年代初曾经掀起过一个热潮，全国共建起7座地热电站，但大多建在温泉广布的隆起区中低温对流型地热系统之中，水温不高，流量不大。由于效率低下，大多在20世纪80年代即已停用。近年来，随着中低温地热发电技术的进步，中低温地热发电又有“起死回生”之势，特别是在与油气田伴生的大中型沉积盆地的深部，往往有大量中低温地热资源可供开发利用，中国华北油田在去年底已建成一座400kW的油田中低温地下水示范性地热电站，吃了第一只螃蟹。

至于近年来国内掀起的一股开发深层（3—10km）地热的热潮，我们认为应当适当降温使之趋于理性，理由如下：第一，用增强型地热系统（EGS）技术开采深部的干热岩（Hot Dry Rock）地热能实质上是要在地壳深处人造一个水热系统，用“水”或其它的工质（如CO₂）作为热的载体，将深处的热能开发出来。中国天然高温地热系统的开发程度还很低，不必急于去开发成本很高的深部地热。第二，开发深部地热技术的难度很大，最大的问题在于需人造一个热水循环回路系统，且需得到具备商业开发价值的热水流量（约80kg/s）很不容易，如深钻、压裂技术等都是难题。第三，从目前国外从事深部干热岩开发的国家来看，无论是美国或是欧洲、澳大利亚等，成功案例不多，其中最好的当首推德国Landau干热岩地热电站，但目前的发电量也仅3MW而已，投入与产出比太低！

总之，中国当前应加大投入，集中主要产业部门、科研院所的力量加速地热发电的步伐。首先是西部滇藏地热带高温水热系统的地热发电，其次是中国东部广大油田（如大庆、胜利、辽河）区的中低温热水发电。至于干热岩发电，现阶段的重点应该放在加强技术研究和小型示范区的选址建设上。

（中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029）