

# “能源有序转化”理论

## ——引领能源技术革命和产业变革的方向

能源短缺、环境污染是制约中国经济、社会和生态发展的长期重大瓶颈。人类进化发展的历史就是一部不断向自然界索取和利用能源的历史。从18世纪的蒸汽机工业文明,到19世纪的内燃机动力与工业电气化,再到20世纪中下叶的火电、核电大型化,继后的新能源和可再生能源绿色风潮,每一次能源技术的变革都驱动人类文明大踏步地向前迈进,意味着重大的社会革命。迄今为止,全球一次能源供给的主体依然是石油、天然气、煤炭等化石燃料,人类利用一次能源的主体方式依然是“一把火烧”的以燃烧放热为主的热能动力过程。也正是工业革命以来以“一把火烧+简单热力循环”的化石能源传统转化利用方式的广泛使用导致了高能耗、高污染、高碳排放的严峻局面。其根源在于以燃烧发热为源头构建的一次能源释放转化过程的高度无序化,造成巨大的能势下降、有效能损失和能量无效损耗,并产生大量污染物对环境、生态造成严重污染和破坏。如煤燃烧将煤炭化学能转化为无序的热能,熵增极大,热工转化过程又造成大量能质损失和无效能量损耗,并产生大量 $\text{SO}_x$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{CO}_2$ 和粉尘颗粒等污染物。

中国以煤为主的能源资源禀赋与供给消费特点短期内难以改善,因此,基于现实的、近中远期结合相融相洽的、全局优化的能源供给体系与发展战略及措施只能也必然是变革煤炭利用方式实现洁净无污染低碳化,同时大力发展可再生能源、提高其占比、改善能源消费结构,大力推动全社会的能源供给与消费体系向以氢能、电能共为二次



郭烈锦,中国科学院院士,西安交通大学教授,动力工程多相流国家重点实验室主任。主要研究方向为能源动力多相流及氢能科学技术。

能源主体,氢电互换互补,实现由自然一次能源到人类终端用能间转化输送的完全洁净、低碳、高效、安全的绿色可持续发展目标。因此,中国乃至世界能源科学与技术领域面临两个重大挑战:(1)创新发展变革性的洁净低碳高效的煤炭转化原理与技术;(2)发展原创的可再生能源低成本、高效、大规模转化理论与技术,这同时也必将是中国在全球科技竞争中掌握先机、发挥引领作用的重要突破口。

国家自然科学基金项目——“能源有序转化”就是要通过基础科学研究创建能源从一次源头转化的新理论,发展新方法,实现能源科学理论和方法的革命,并带动能源技术革命和产业变革。“能源有序转化”科学理论的核心是关于能量释放端与接收端的能势全面合理匹配原则、多相能量流/物质流在多尺度的时空上高度匹配互补与多子耦合、物质转化与能量转换有机关联机制及热

力循环与碳氢循环的构建原则等,它通过重构物质转化与能量转换的关联方式,从一次能源转化的源头开始构建能量的“能势匹配”、载能子的“多子耦合”、物质转化的“碳氢循环”,最大限度地减少能量转换中的无序化损失、提高有序化程度,提高能量转换的有效能利用效率,实现洁净、无污染、低碳甚至无碳排放的环境效果。对于化石能源而言,由“气相环境、直接燃烧、热力循环”转变为“水相环境、吸热还原、物质循环耦合热力循环”;对于太阳能而言,由“单一的光利用或热利用”转变为“光/热耦合协同利用”;同时,将“化石能源、可再生能源各自独立的”改变为“多能互补的”转化利用形式及系统。拟通过5~10年努力,创建化石能源与太阳能协同转化、清洁低碳高效三位一体的能源有序转化的新理论,提出化石能源与太阳能协同转化和 $\text{CO}_2$ 源头控制的变革性原创方法,形成能源转化的颠覆性技术,推动能源技术革命和产业变革。在技术上,力求煤制氢能耗下降30%、煤发电效率高达50%以上;太阳能制氢或制碳氢燃料的效率提高到30%;太阳能发电效率从单纯太阳能发电的15%提高到互补型系统中低温太阳能净发电效率达40%。为人类从根本上解决一次能源的洁净无污染低碳高效转化利用、实现绿色可持续发展提供科学指导和现实方案与供给体系,保障中国能源的长期供给安全,具有重大战略意义。

(西安交通大学,西安 710049)