

新型 CO₂ 动力循环

当前我国的环境急剧恶化，究其原因，一次能源中煤炭的比例过大是最重要的因素，因此，能源结构调整迫在眉睫，加大天然气、核能和新能源的比例是解决问题的关键。与此同时，大量的低温余热可以回收利用。CO₂ 的临界点温度为 31.1℃，压力为 7.38 MPa，将 CO₂ 加压加温到这个临界点压力和温度之上就能得到超临界二氧化碳(超临界 CO₂)。在接近临界点时，超临界 CO₂ 具有接近液态的密度和比热容，但其粘性接近于气态。如果将其用来做动力循环的工质，如朗肯循环和布雷顿循环，它能够在很小的体积内传递很大的能量，例如同样 300MW 的额定发电功率，以超临界 CO₂ 为工质的膨胀机的体积是以水蒸汽为工质的蒸汽轮机的 1/100。由于超临界 CO₂ 在传递能量方面的优异性质，将它用在动力循环中能够显著提高循环效率。

超临界 CO₂ 的布雷顿循环可以用于适合于太阳能光热发电和新一代高温气冷堆核电站，其大于 50% 的热电转换效率对太阳能热发电和新一代高温气冷堆核电行业极具吸引力。超临界 CO₂ 朗肯循环可以用于低温余热利用，它的工质无毒无害，是有机朗肯循环无法比拟的，而其体积小效率高的优势，又有取代传统蒸汽轮机的趋势。因此，发展超临界 CO₂ 动力循环对节能减排和新能源产业具有颠覆性的意义。整体来看，新型 CO₂ 动力循环发电系统的研发在全球范围内目前仍是一个新课题，但其优良的特性和对发电技术可能带来的颠覆已经受到了越来越广泛的认知，其技术研发和商业化应用进程的速度也正在逐步加快，市场前景十分广阔。

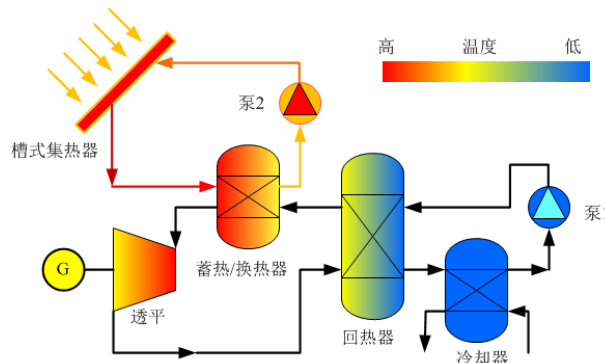


图 1. 槽式超临界二氧化碳循环光热发电示意图

本课题组主要研究的新型 CO₂ 动力循环领域主要包括：超临界 CO₂ 朗肯循环（CO₂ 跨临界动力循环）、超临界 CO₂ 布雷顿循环、以及带有外部供氧的 CO₂ 零排放联合循环等，其详细介绍如下：

- (1) 超临界 CO₂ 朗肯循环：吸热在超临界压力下，而冷凝在亚临界压力下的 CO₂ 动力循环。适用于中低品位余热利用、太阳能发电、地热能利用等。温度范围：100~500℃。
- (2) 超临界 CO₂ 布雷顿循环：吸热和冷凝都在超临界压力下的 CO₂ 动力循环。适用于中高品位的热源、核能发电、太阳能光热发电、以及 CO₂ 循环火力发电。温度范围：400~900℃。

(3) 带有外部供氧的 CO₂ 零排放联合循环：主要包括 Allam 循环，ZEITMOP 循环等。

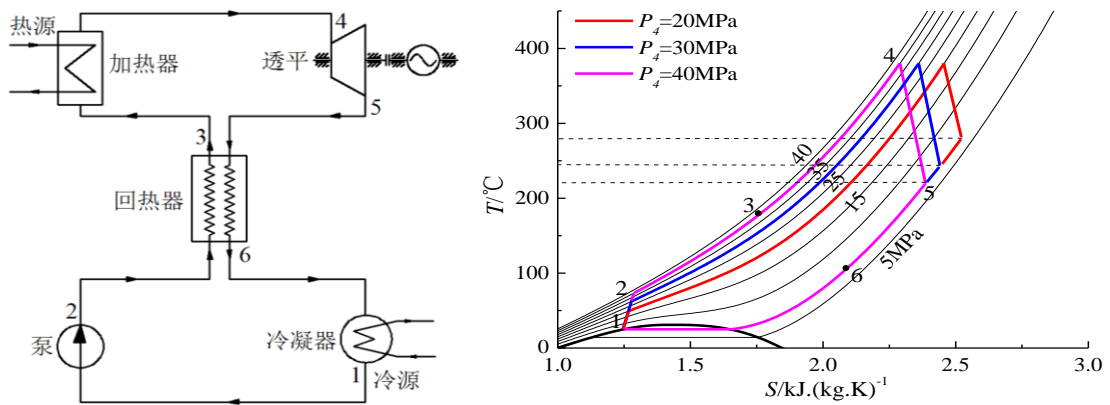


图 2. 超临界 CO₂ 朗肯循环

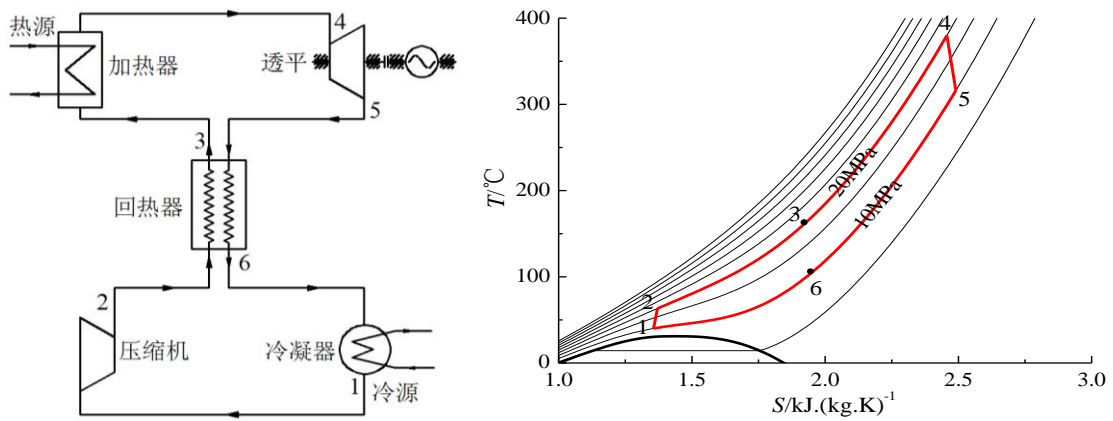


图 3. 超临界 CO₂ 布雷顿循环

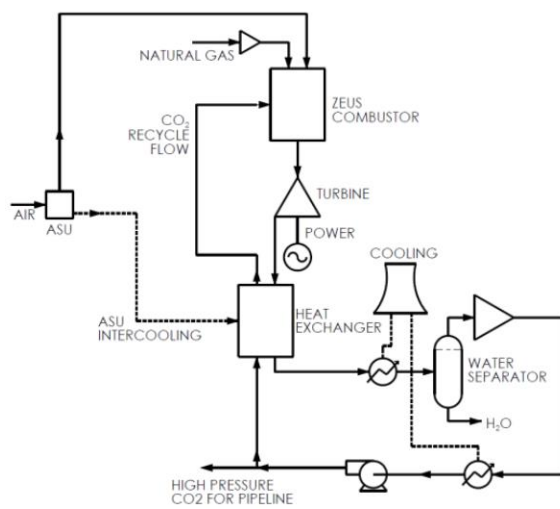


图 4. Allam 循环