

第三章 压缩空气储能

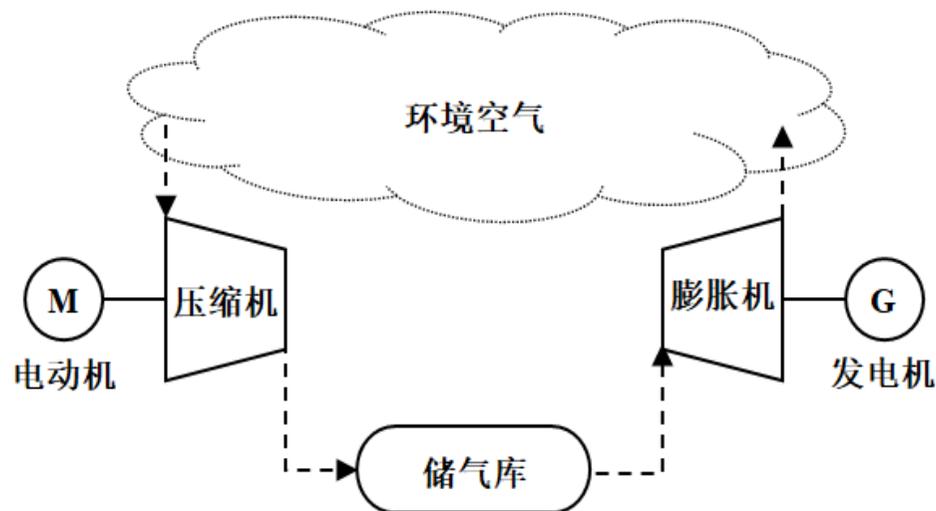
- 压缩空气储能概述
- 压缩空气储能热力学基础
- 先进绝热压缩空气储能
- 压缩空气储能热力学分析
- 压缩空气储能应用案例
- 总结与展望

3.1 压缩空气储能概述

□ 3.1.1 压缩空气储能基本概念

压缩空气储能系统，就是采用**压缩空气**作为能量载体，实现**能量存储和跨时间、空间转移和利用**的一种能源系统，主要可以分为**储能和释能**两个基本工作过程：

- 储能时，电动机驱动压缩机由环境中吸取空气将其压缩至高压状态并存入储气装置，电能在该过程中转化为压缩空气的内能
- 释能时，储气装置中存储的压缩空气进入空气透平中膨胀做功发电，压缩空气中所蕴含的内能和势能在该过程中重新转化为电能



压缩空气储能系统基本原理示意图

3.1 压缩空气储能概述

3.1.2 压缩空气储能的作用

大功率储能

单机功率可达数百兆瓦，并且可在实际运行过程中实现功率的实时调整

长周期储能

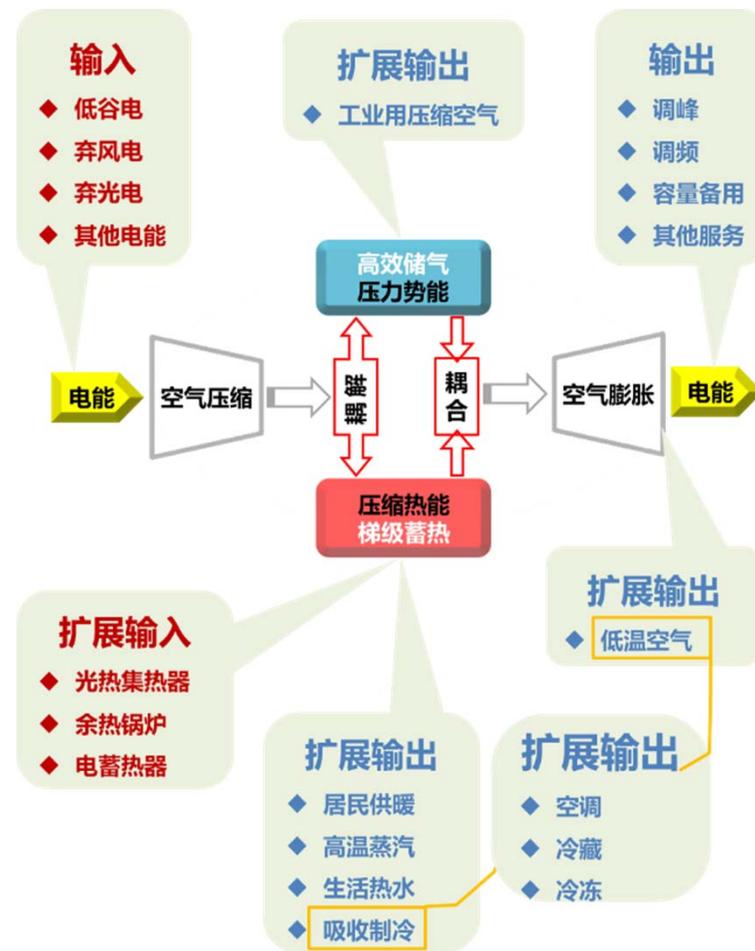
可实现日调度、周调度甚至季调度的长周期储能

长时间供电

可通过调整输出功率实现长时间供电

多能联储多能联供

多能联储联供能力，可与光热、地热、工业余热结合，作为清洁能源系统能量枢纽

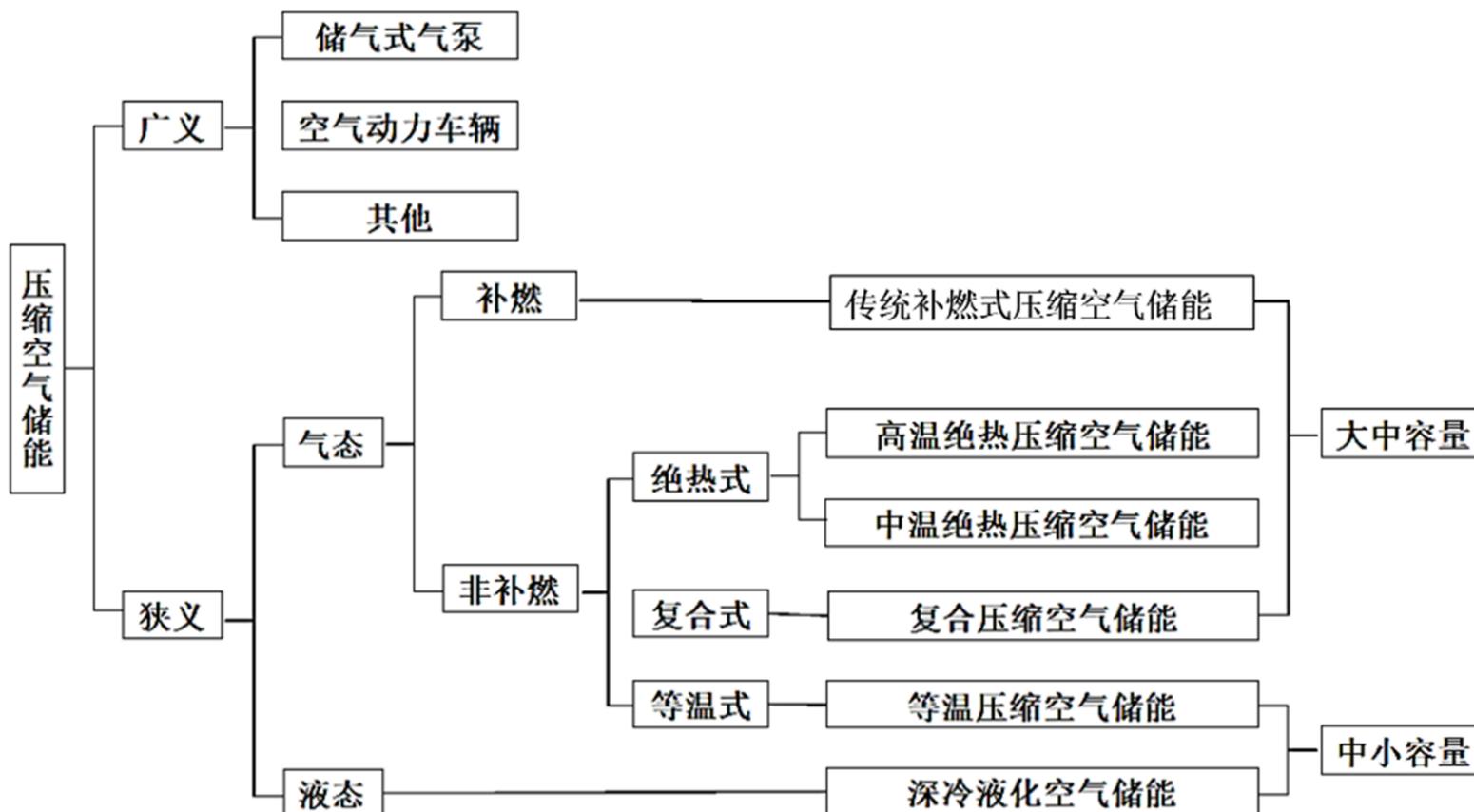


压缩空气储能系统应用场景

3.1 压缩空气储能概述

3.1.3 压缩空气储能分类及技术路线

3.1.3.1 压缩空气储能分类



压缩空气储能系统一般分类

3.1 压缩空气储能概述

3.1.3 压缩空气储能分类及技术路线

3.1.3.2 补燃式压缩空气储能

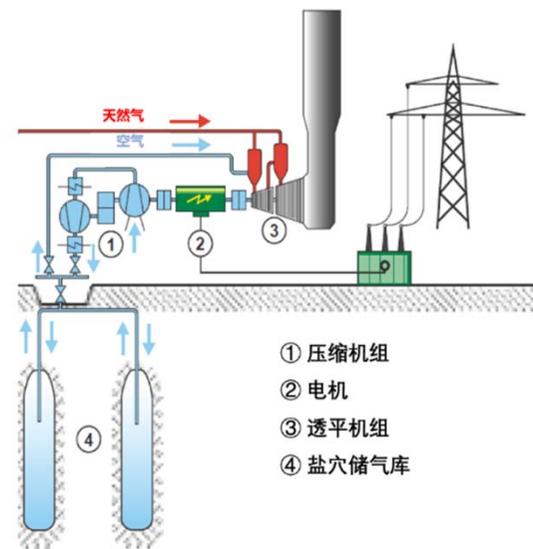
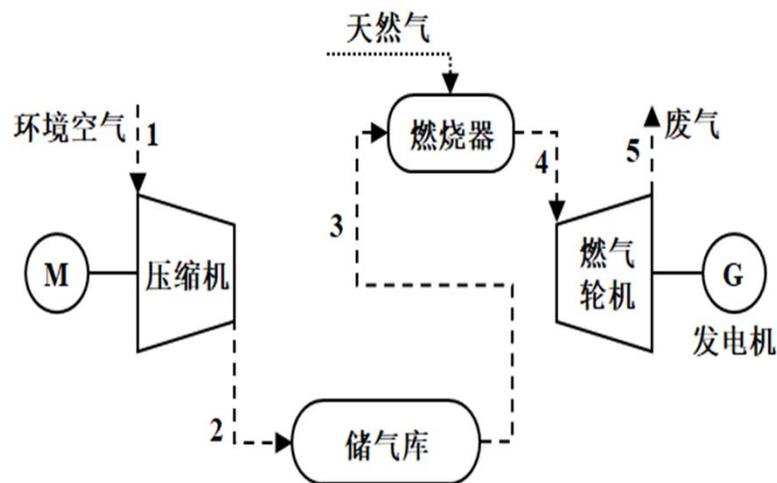
工作原理

借鉴燃气动力循环，在压缩空气储能系统膨胀机前设置燃烧器，利用**天然气等燃料与压缩空气混合燃烧**，以提升空气透平膨胀机进气温度

技术特点

结构简单，技术成熟度高、设备运行可靠、投资成本低，具有较长的使用寿命，具备与燃气电站类似的快速响应特性；

在当前大力发展绿色能源、控制碳排放量的大背景下，**碳排放**已成为其最大弊端



补燃式压缩空气储能系统

3.1 压缩空气储能概述

3.1.3 压缩空气储能分类及技术路线

3.1.3.3 绝热式压缩空气储能

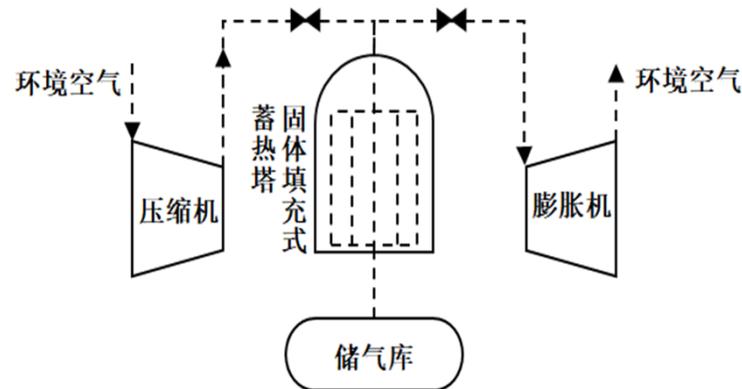
工作原理

通过提升压缩机单级压缩比获得较高品位的**压缩热能并存储**起来；释能过程中，利用储存的**压缩热加热透平膨胀机入口空气**，实现**无需补充燃料的压缩空气储能**。根据储热温度不同，可分为**高温 (>400°C)**和**中温 (<400°C)**两个技术路线

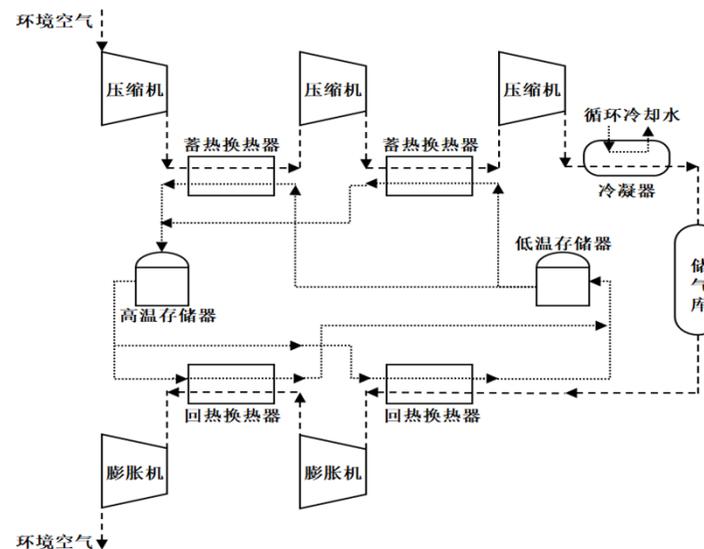
技术特点

高温绝热压缩空气储能超高温压缩和高温固体蓄热技术存在技术瓶颈，难以实现；

中温绝热压缩空气储能关键设备技术成熟、成本合理，系统稳定性、可控性较强，具备多能联储、多能联供的能力，易于实现工程化应用



高温绝热压缩空气储能系统



中温绝热压缩空气储能系统

3.1 压缩空气储能概述

3.1.3 压缩空气储能分类及技术路线

3.1.3.4 等温式压缩空气储能

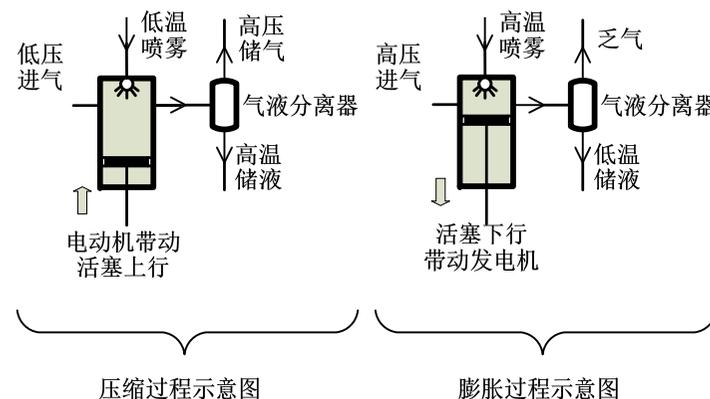
工作原理

采用准等温过程实现空气压缩和膨胀。

压缩过程中实时分离压缩热能和压力势能，使压缩空气不发生较大的温升；在膨胀过程中，实时将存储的压缩热能回馈给压缩空气，使压缩空气不发生较大的温降

技术特点

等温压缩空气储能优点是系统结构简单、运行参数低，但其装机功率一般较小，储能效率较低，等温的压缩过程和膨胀过程也难以实现，仅适用于小容量的储能场景



等温压缩空气储能系统

3.1 压缩空气储能概述

3.1.3 压缩空气储能分类及技术路线

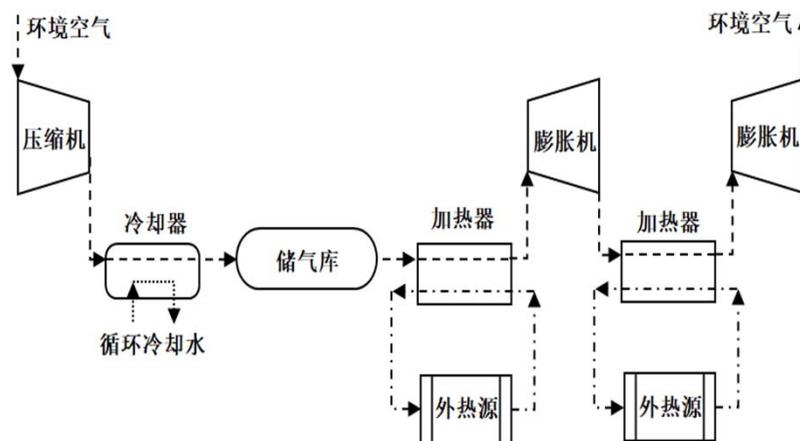
3.1.3.5 复合式非补燃压缩空气储能

工作原理

太阳能光热、地热和工业余热均可满足压缩空气储能系统膨胀过程中的加热需求，这种通过**多种能源系统复合实现非补燃压缩空气储能**的系统称为复合式压缩空气储能系统，其工作原理与绝热式压缩空气储能类似

技术特点

复合压缩空气储能系统具有较强的多能联储、多能联供的能力，可以实现多种能量形式的储存、转换和利用，满足不同形式的用能需求，提升系统能量综合利用效率



复合式压缩空气储能系统



光热复合式压缩空气储能系统