

華東理工大學

EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY



工程热力学

Engineering Thermodynamics

黄胜/副教授

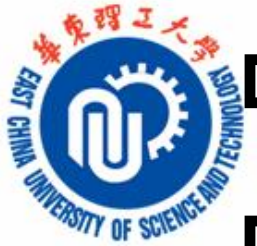
64252367/13916251744

huangs@ecust.edu.cn



# 课程基本情况

□ 课程性质：**学科基础课程/专业核心课程**



□ 课时/学分：40学时(2.5学分)

□ 时间地点安排：周三3-4节(**1-18全周**)/D508;

周五5-6节(**1-9单周**)/D508

□ 考试成绩=70%卷面成绩+30%平时成绩(**考勤+作业+课堂表现**)



# 绪 论





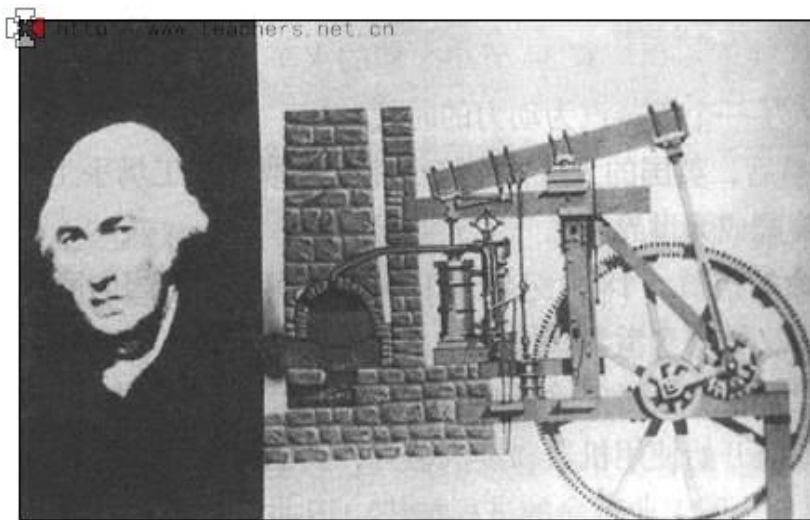
# 课程学习注意事项



- 课前及时预习，课后及时复习教材内容；
- 课堂上认真听讲；
- 独立完成布置的课后思考题及习题；
- 有问题及时沟通，不要带着问题进入后续章节内容的学习。
- 重视**基础概念**的正确理解；掌握**公示及图**的分析运用；形成**工程问题**的解决思路。



# 绪 论



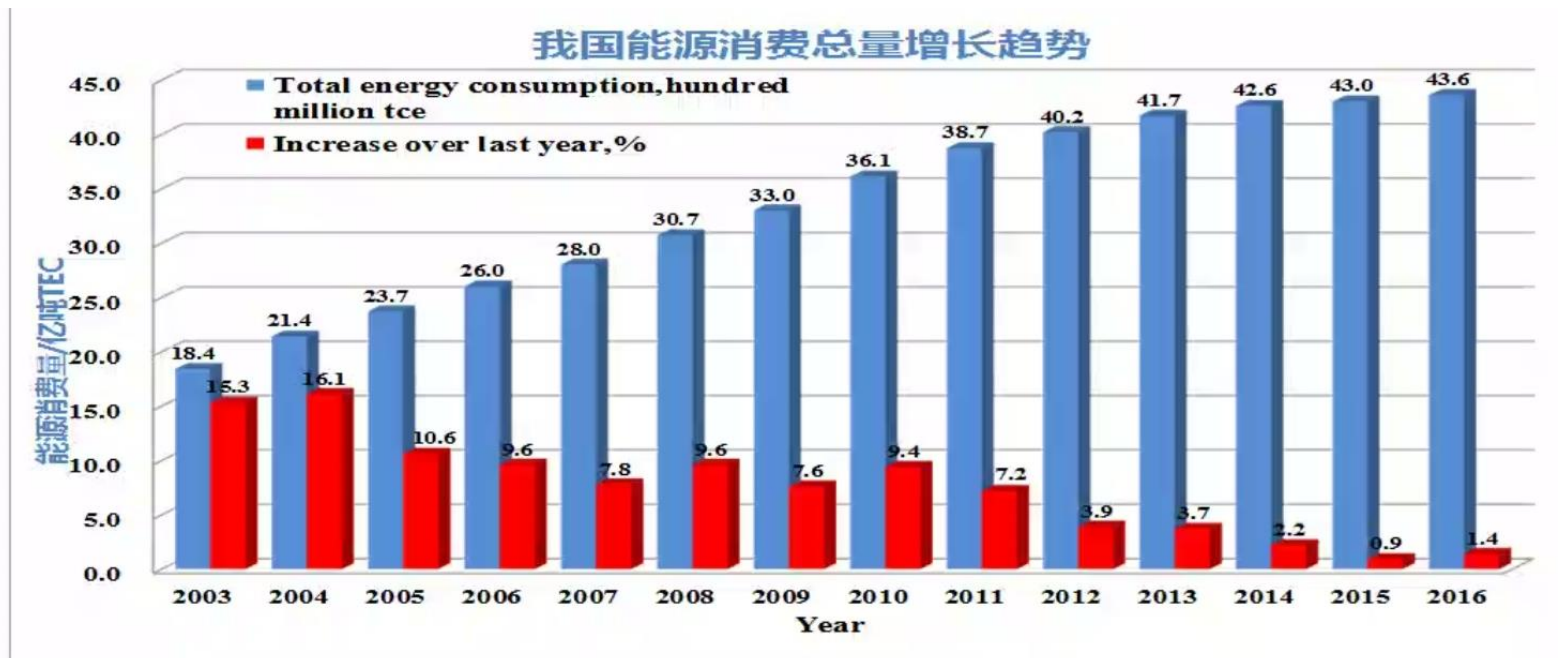
瓦特及其发明的蒸汽机



- ◆ 人类社会的发展史即是对能源的利用史。
- ◆ 人类的生存离不开对能源的利用。
- ◆ 对高效清洁能源的开发和利用水平是综合国力的体现之一。



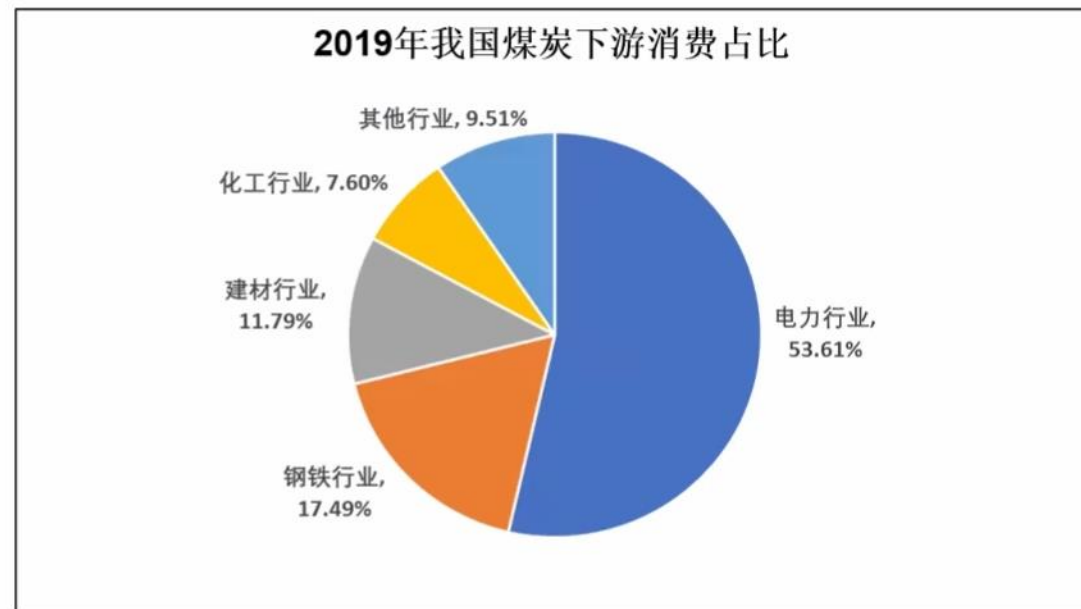
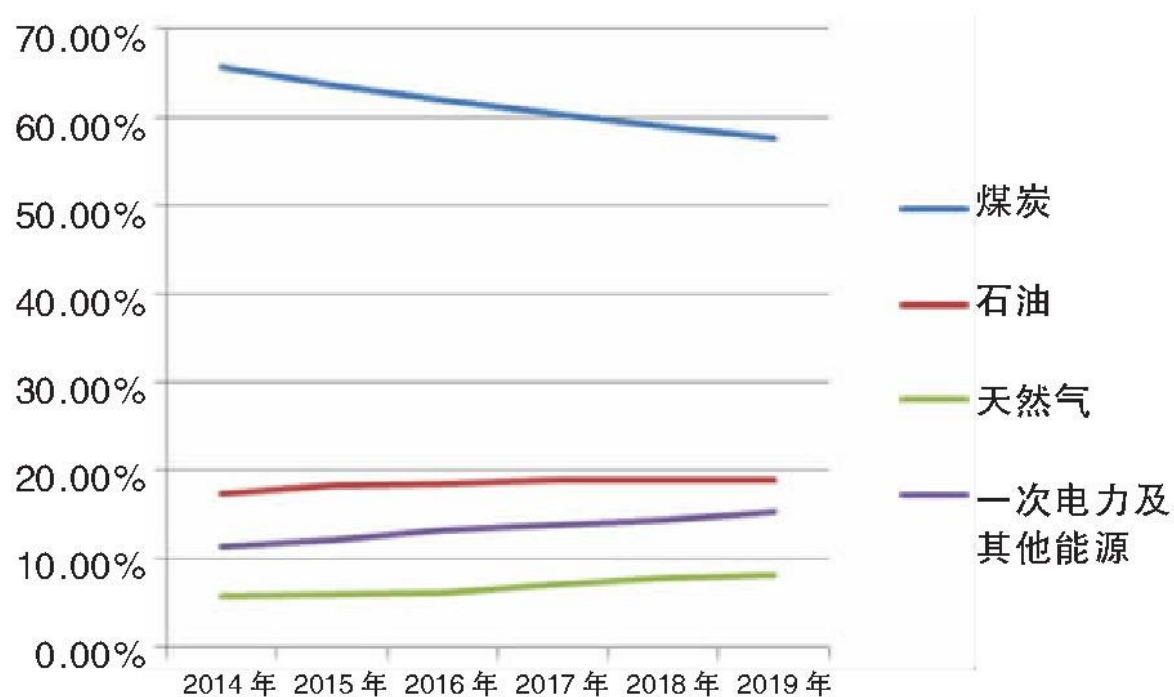
# 绪 论



## 我国能源消费总量的增长趋势

- 2011年开始，中国成为世界第一大能源消费国；
- 2020年中国能源消费总量为49.8亿吨标准煤，增长率2.2%，**包括煤炭39亿吨，石油7.36亿吨，天然气3290亿立方米。**

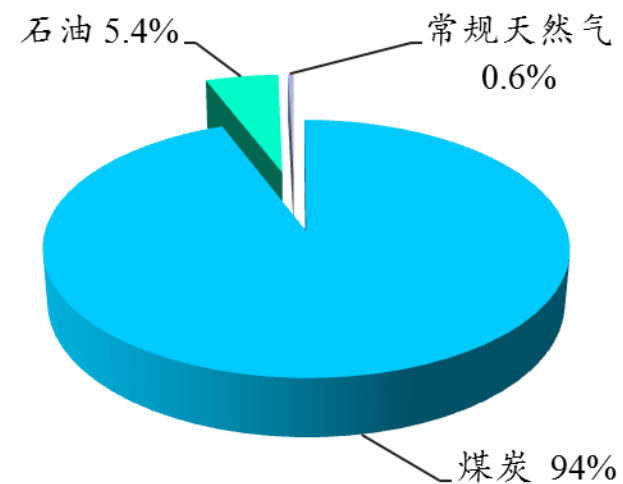
# 绪 论



➤ 随着我国能源结构的调整，**煤炭**的比重会逐渐下降，但因其资源的丰富和价格的相对稳定，**仍将是动力生产的首选燃料**，其主导地位不会变。

# 绪 论

	石油	天然气	煤炭
中国可开采年限	~12	49	33
世界可开采年限	45	61	112
中国储量占世界的比例/%	2.3	0.95	11.6
中国消费量占世界的比例/%	13.0	1.0	49.0



- ★ 我国化石能源资源储量中，煤炭占94%左右，石油资源储量仅占5.4%，天然气仅占0.6%。
- ★ 煤炭是我国最可靠的能源和化工原料。

**中国能源资源特点：油气资源匮乏、煤炭相对丰富**



# 绪 论

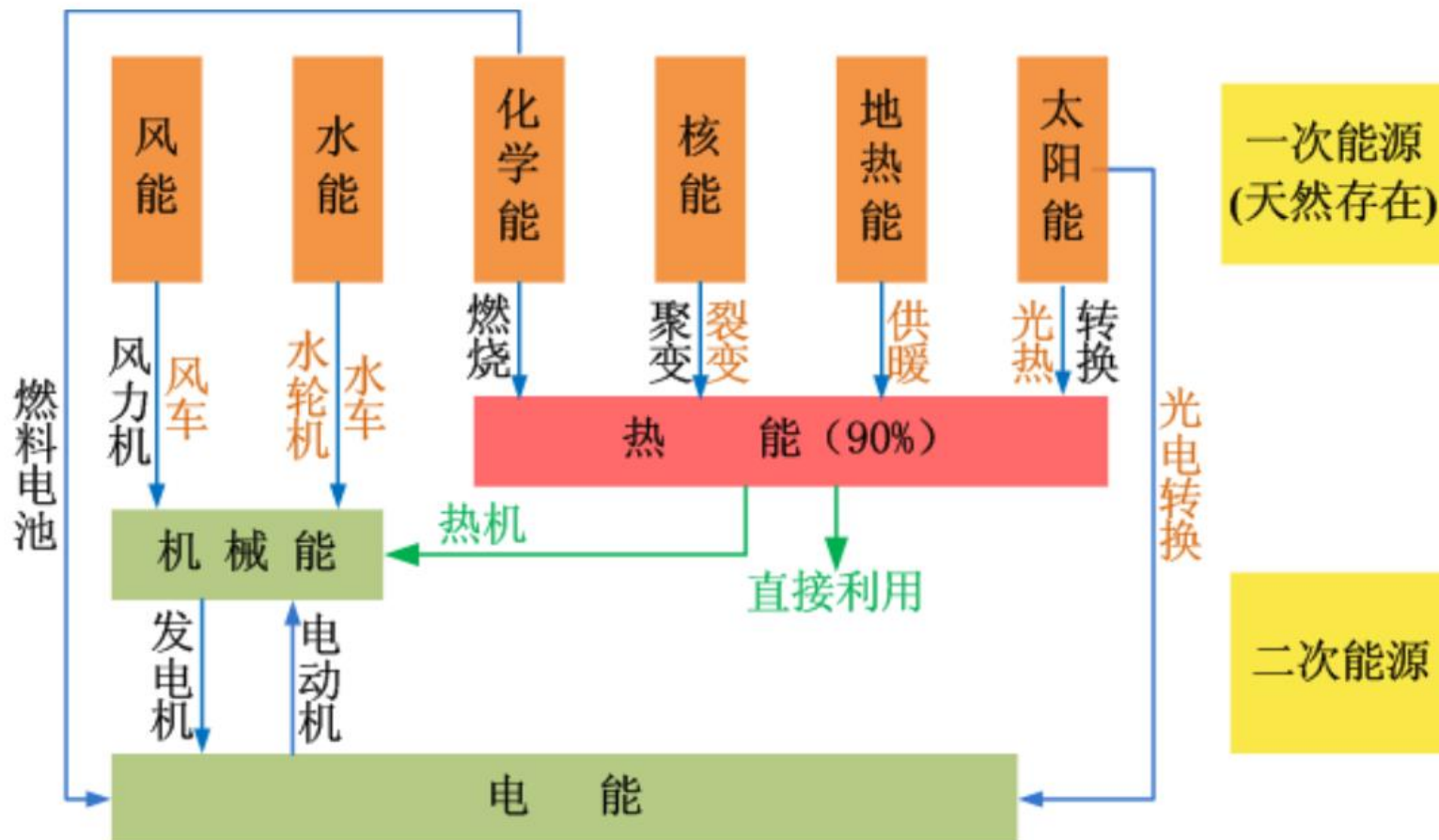
## 全国电力装机结构图



2018年全国总装机容量达19亿千瓦（其中煤电超过10亿千瓦），高碳电力（火电）占60.2%，其中煤电占55.6%。

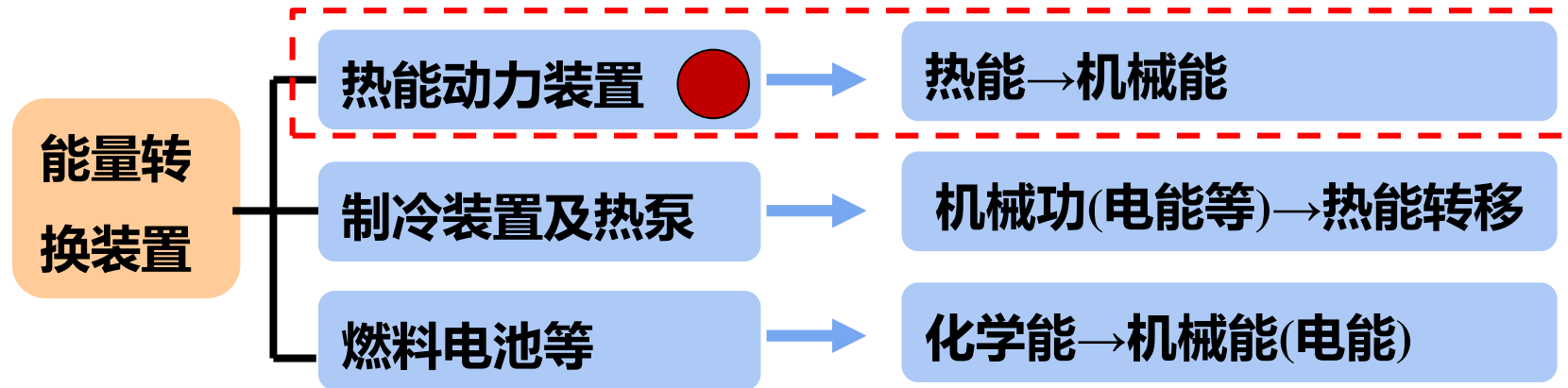
## 2018年全国电力装机统计

# 绪 论



**可利用的能量：** 矿物燃料化学能、风能、水力能、太阳能、地热能、原子能。其中热能平均超过85%（我国占90%以上）。

# 绪 论



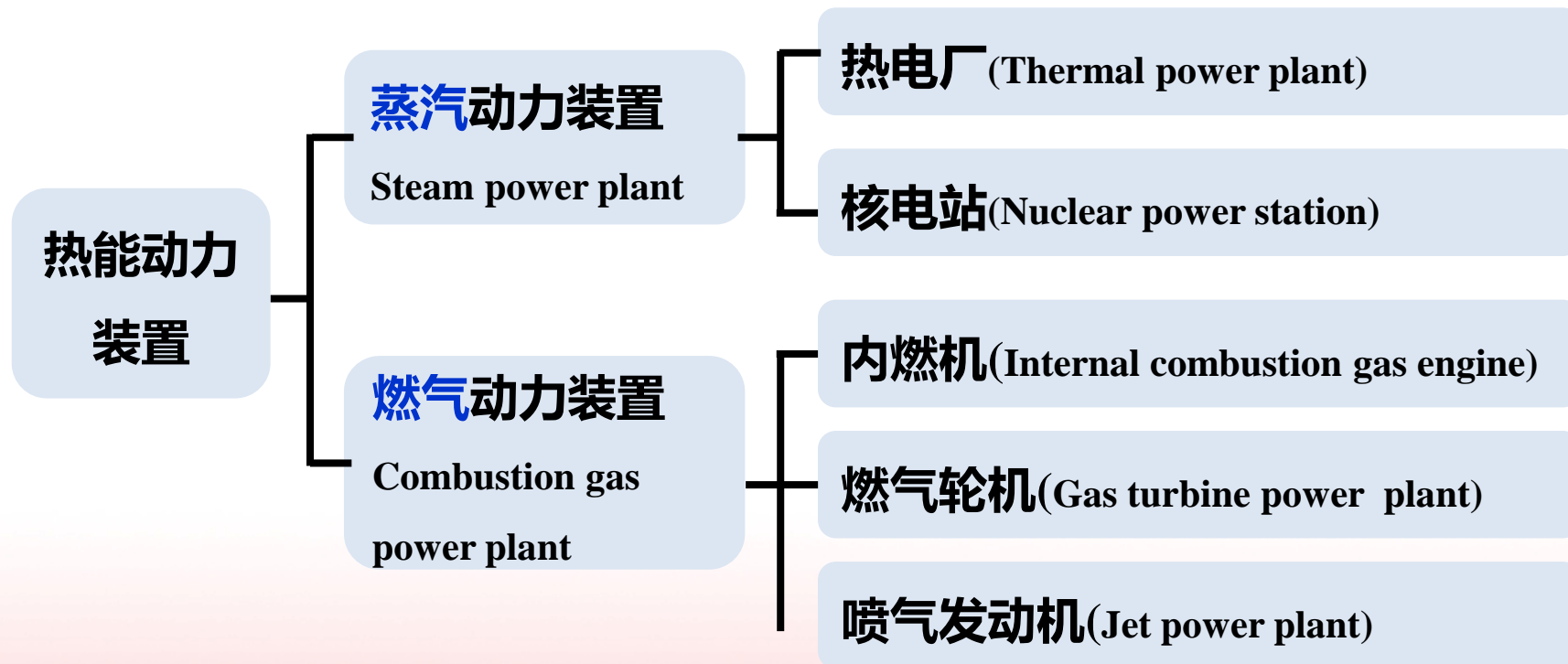


# 绪 论

## 热能动力装置(热机)的类型

### 热能动力装置(Thermal power plant)

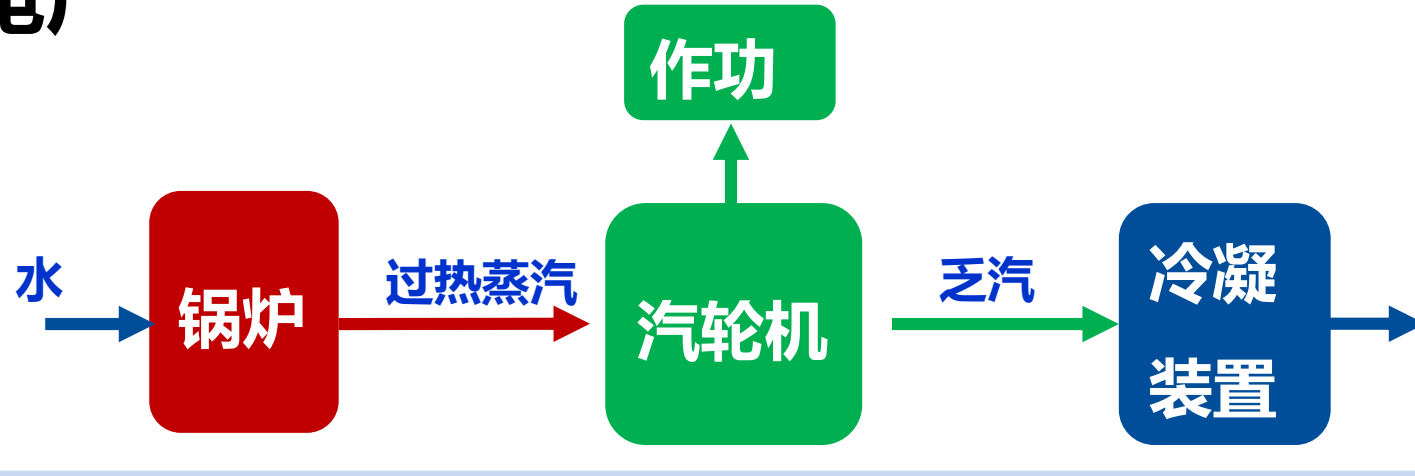
从燃料燃烧中获得**热能**并利用热能得到**动力**的整套设备。



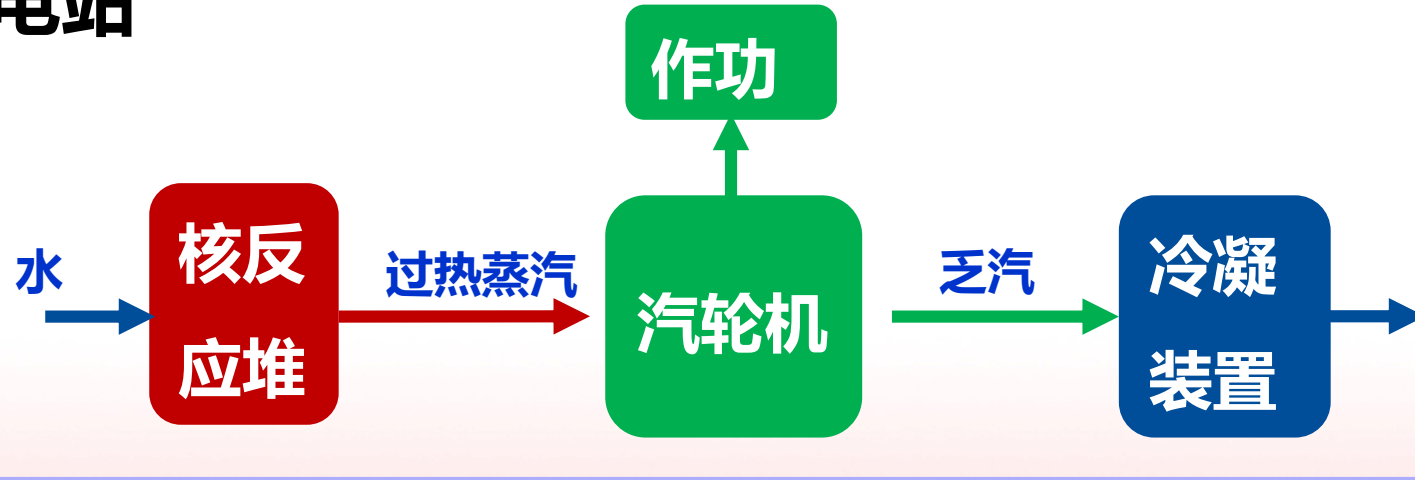
# 绪 论

## 蒸汽动力装置

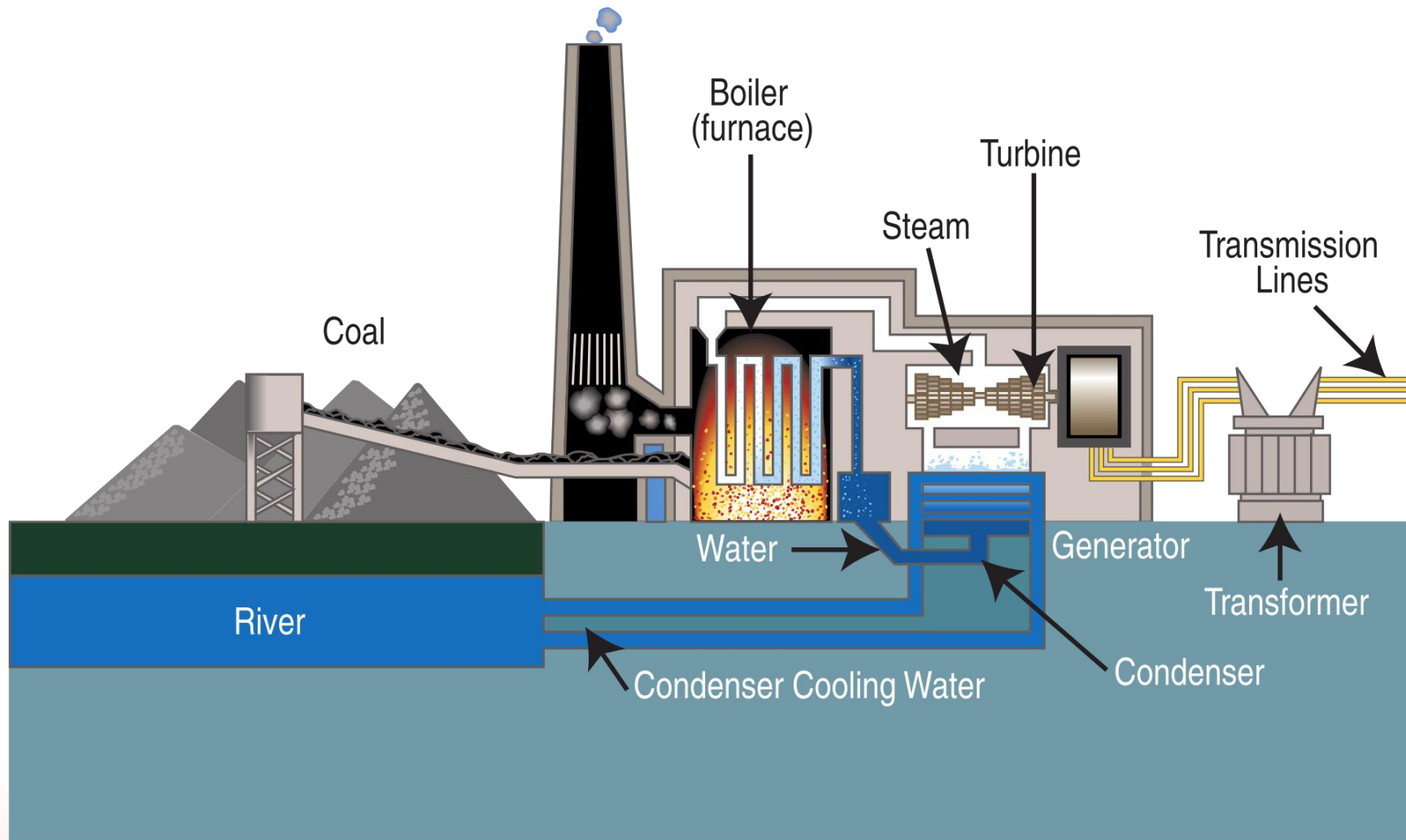
热电厂



核电站



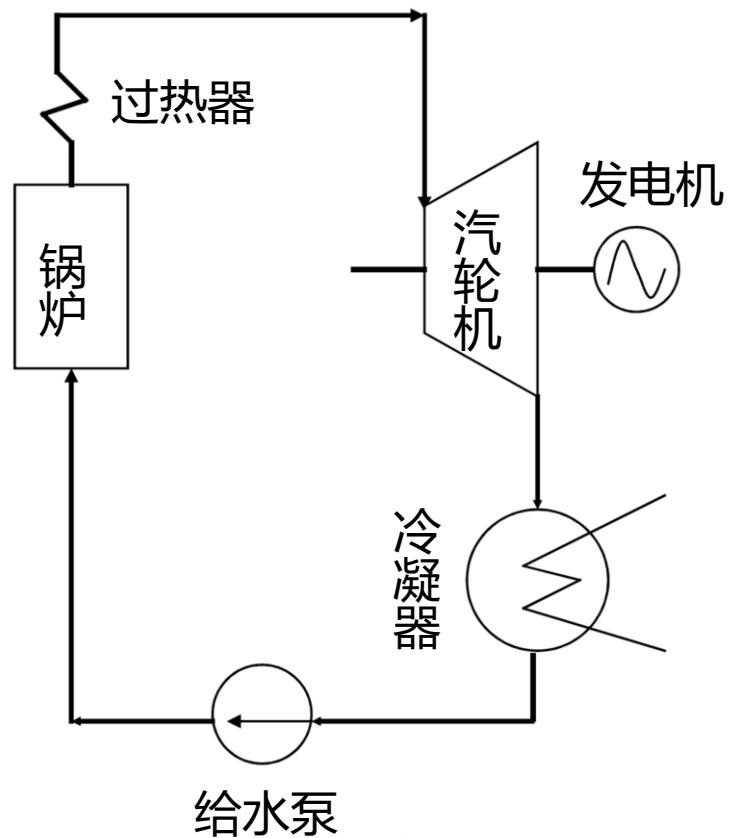
# 绪 论



热电厂的流程示意图



# 绪 论



- 热源、冷源
- 工质 (水、蒸汽)
- 膨胀做功
- 循环  
( 加压、吸热、  
膨胀做功、放热 )

# 绪 论

## □ 热机效率

- ✓ 普通亚临界电厂 ( $P=16-19\text{MPa}$ ,  $T=540^{\circ}\text{C}$ 左右) 效率约32 ~ 35%
- ✓ 超临界电厂 ( $P=24-26\text{MPa}$ ,  $T=538 \sim 566^{\circ}\text{C}$ ) 的效率可达38%
- ✓ 超超临界电厂 ( $P=24-31\text{MPa}$ ,  $T=580 \sim 610^{\circ}\text{C}$ ) 效率可达45%
- ✓ 先进超超临界电厂的效率可达48%



2020年全国6000千瓦及以上火电厂供电煤耗为305.5克标准煤/千瓦时



比2015年  
下降9.9克/千瓦时



比2010年  
下降27.5克/千瓦时



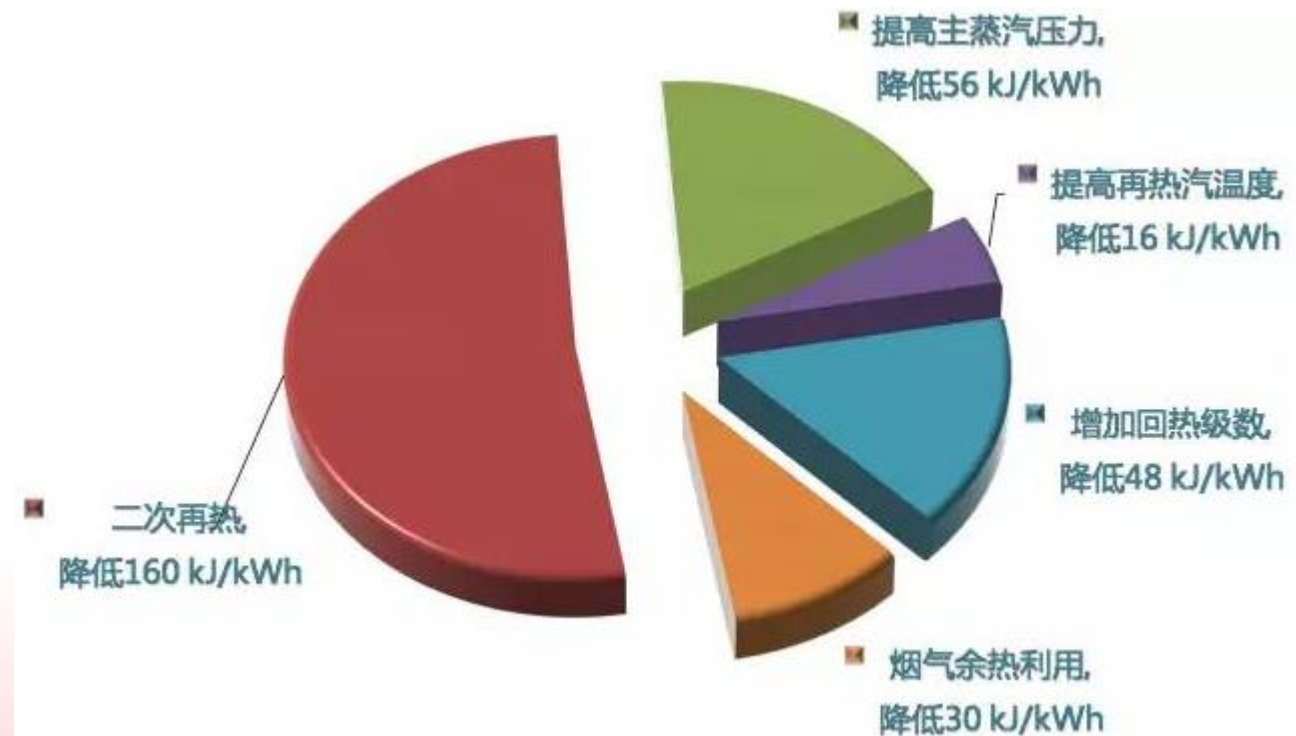
比2005年  
下降64.5克/千瓦时



# 绪 论

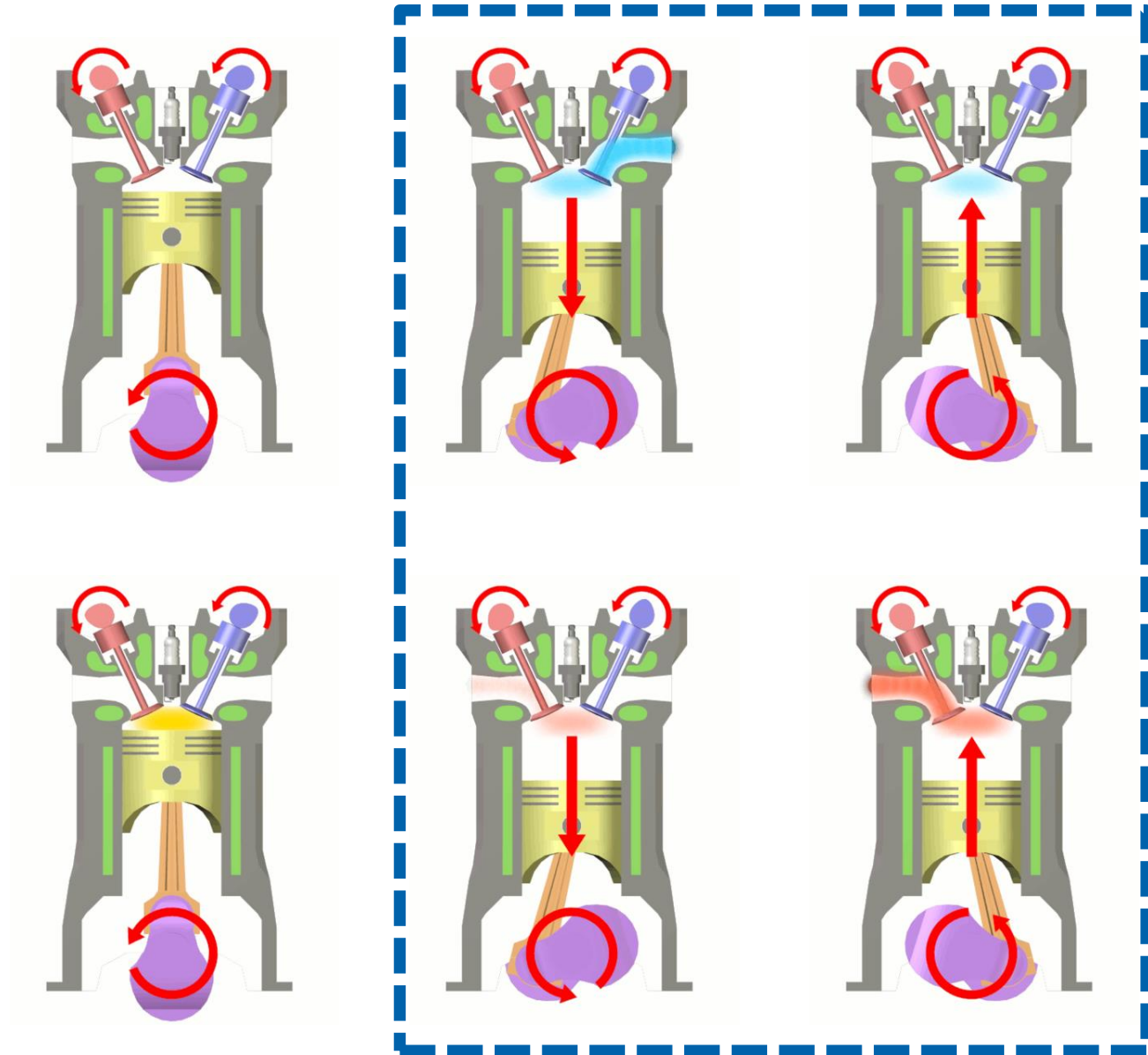
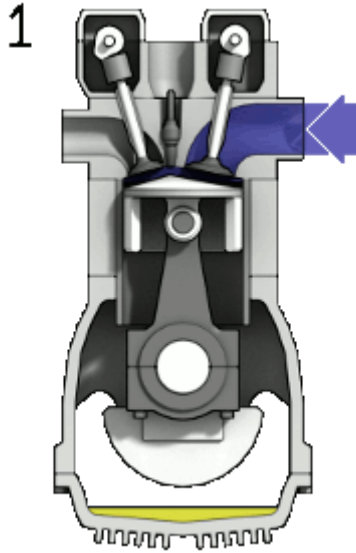
- 据介绍，这种由**上海外高桥第三发电厂**设计研发的火电机组，采用高低位方式布置双轴、二次中间再热发电机组，平均供电煤耗降到**276克/千瓦时**，大大低于原世界运行效率最高的丹麦北日德兰(Nordjylland)电厂3号机组**286.08克/千瓦时**和日本排名第一的矶子电厂1号机组**303克/千瓦时**的能耗水平，主要污染物排放指标已经达到气体燃烧的排放水平。

	常规超超临界 1000MW	泰州公司二期 1000MW二次再热
发电效率	45.82 %	47.71 %
发电煤耗	270 g/kWh	257.79 g/kWh

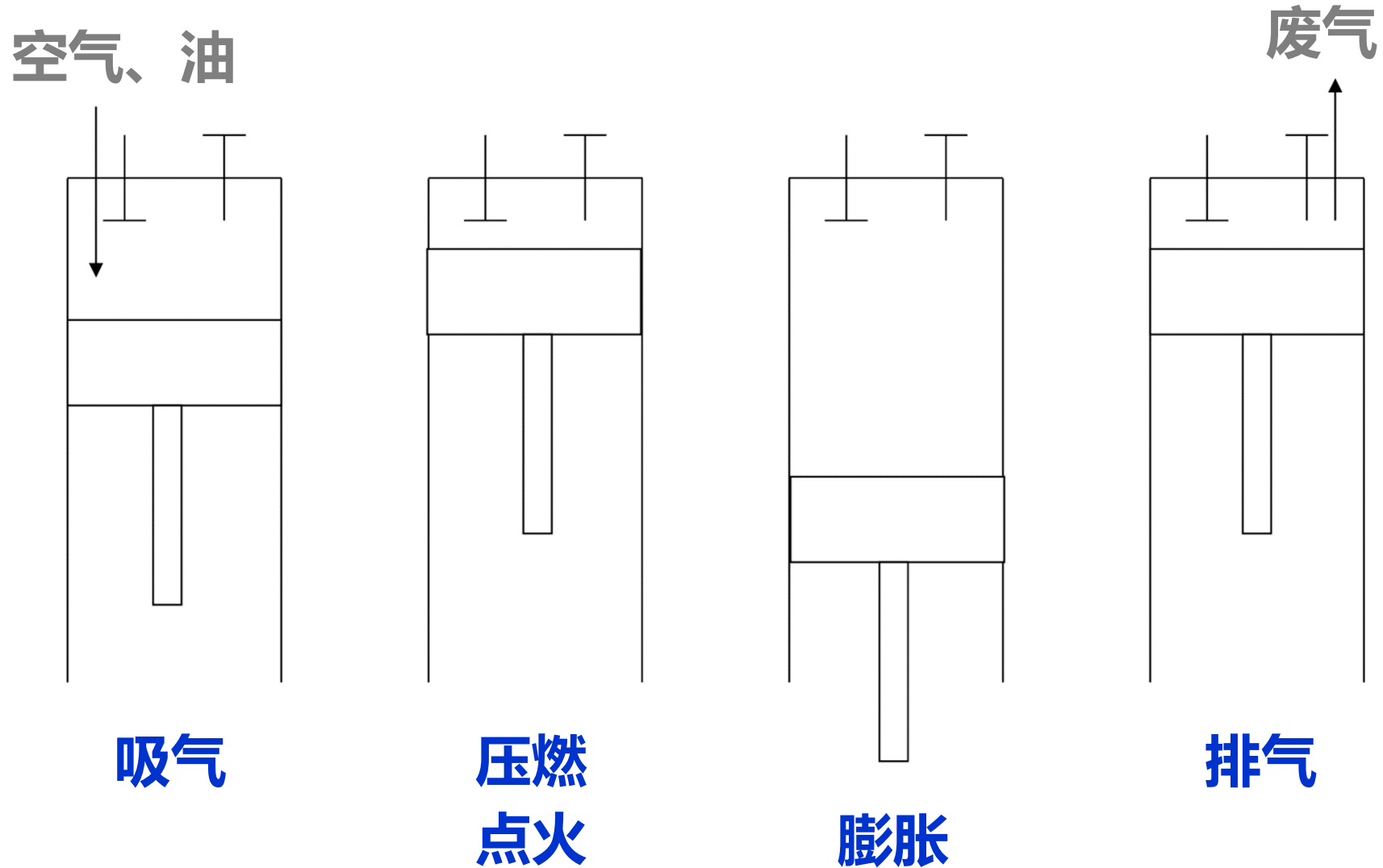




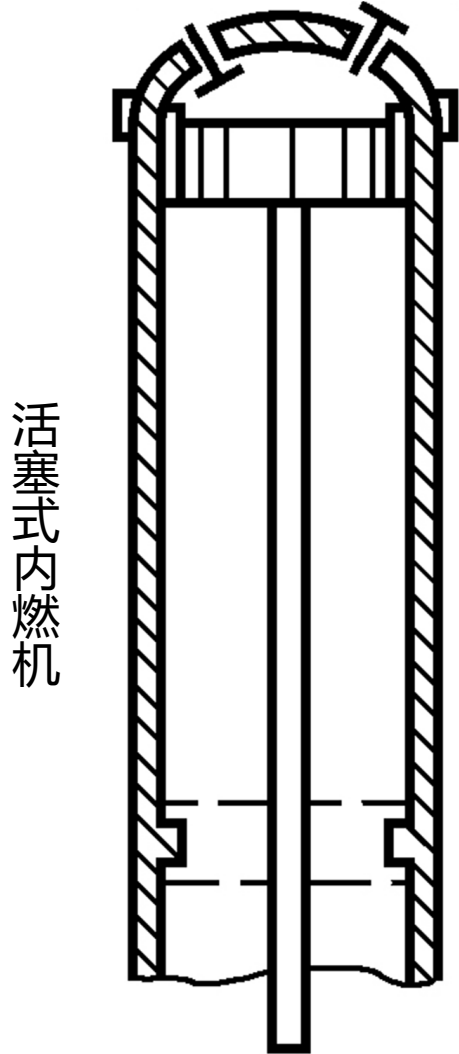
# 内燃机装置 (Internal Combustion Engine)



# 内燃机装置 (Internal Combustion Engine)



# 内燃机装置基本特点



活塞式内燃机

- 热源、冷源
- 工质 (燃气)
- 膨胀做功
- 循环  
( 加压、加热、  
膨胀做功、放热 )



# 绪 论

---

## 能量利用率

(Energy Efficiency)

- |                  |        |
|------------------|--------|
| □ 发电 (火力、核能)     | 35~48% |
| □ 车辆发动机 (内燃机)    | 25~40% |
| □ 轮船发动机          | 25~35% |
| □ 航空发动机          | 40~60% |
| □ 制冷空调 (非热机, 同理) | >200%  |

# 绪 论

- ❑ 热力学是研究物质的**热力性质**、**能量传递和转换规律**以及**提高转换效率途径**的一门基础基础理论学科。
- ❑ 工程热力学是热力学的工程分支，它着重研究**热能**与其他形式能量（主要是**机械能**）之间的转换规律及其工程应用。
- ❑ 工程热力学的重要应用是**建立节能的理论基础**。



# 课程主要内容

主要包括基本理论部分、常用工质的性质及基本理论的应用三部分内容：

- **基本理论部分**：热力学第一定律及热力学第二定律等（**第3、5章**）；
- **常用工质的性质**：工质的性质对能量转化过程有极其重要的影响（**第2、7和9章**）。
- **基本理论的应用**：用于各种热力装置的工作过程，并对气体和蒸汽的循环、制冷循环、热泵循环、喷管及扩压管等进行热力分析及计算，探讨影响能量转换的影响因素以及提高转换效率的途径与方法等（**第4、9和10章**）。

# 课程目标

- 1、掌握工程热力学基本知识，如基本热力过程的能量转换规律、热力学第一定律和热力学第二定律等，能将复杂工程问题抽象为理想的热力过程或热力循环，通过建立数学模型并求解以解决复杂工程问题（**工程知识2.2**）。
- 2、能运用工程热力学的基本理论知识识别和判断复杂能源转换及利用的工程问题中影响热力过程和热力循环能量转化效率的关键环节、步骤和参数，并提出提高能量利用经济性主要途径（**问题分析3.1**）。
- 3、能基于工程热力学的基本原理并利用数学模型正确表达工程热力学领域的复杂工程问题，并能分析影响复杂工程问题能源转化效率的主要因素（**问题分析3.2**）。
- 4、能够分析和评价能源转换及利用过程的工程实践对社会、健康、安全、文化及社会可持续发展的影响，培养学生节能减排、节约能源的意识（**工程与社会7.2**）。





# 参考教材

## □ 国内外教材：

谭羽非等，工程热力学（第六版），中国建筑工业出版社

沈维道等，工程热力学（第五版），高等教育出版社

何雅玲，工程热力学精要解析，西安交通大学出版社

Y.A. Gengel, Thermodynamics: An Engineering Approach (8<sup>th</sup> ed)

M.J. Moran, Fundamentals of Engineering Thermodynamics (9<sup>th</sup> ed)

## □ 网络平台课程：

史琳，清华大学，国家级精品课，[www.icourses.cn/sCourse/course\\_2974.html](http://www.icourses.cn/sCourse/course_2974.html)

何雅玲等，西安交通大学，国家级精品课，[www.icourses.cn/sCourse/course\\_4100.html](http://www.icourses.cn/sCourse/course_4100.html)

孙志坚等，浙江大学，国家级精品课程，[www.icourses.cn/sCourse/course\\_4281.html](http://www.icourses.cn/sCourse/course_4281.html)

谭羽非，哈尔滨工业大学，中国大学MOOC，[www.icourse163.org/course/HIT-1003241004](http://www.icourse163.org/course/HIT-1003241004)

童钧耕等，上海交通大学，中国大学MOOC，[www.icourse163.org/course/SJTU-1002535024](http://www.icourse163.org/course/SJTU-1002535024)