



西安交通大学
xi'an jiaotong university

能源与动力工程学院
School of Energy & Power Engineering

<http://epe.xjtu.edu.cn>



燃 烧 学

西安交通大学能源与动力工程学院



学习资料下载及作业提交

思源学堂：<http://syxt.xjtu.edu.cn/>
用户登录：学校NETID

教务处

快捷通道

综合教学服务平台

选课端

思源学堂

考勤查询

小学期专栏

毕业论文设计

创新训练

中英文成绩单验证

教学评价分析



ENPO300703燃烧学01(20191) 课程简介

课程简介

创建内容 测验 工具 合作伙伴内容

燃烧学简介

《燃烧学》课程为能动大专业的专业必修课，授课对象为全部能动专业三年级本科生。课程讲授化学动力学基本理论，分析气体、液体和固体燃烧的基本燃烧特性，使涉及燃烧学专业的本科生对燃烧基本理论有系统性领会和掌握，能够应用燃烧学知识分析解决实际问题的能力，使用燃烧学公式和查阅相关手册，计算相关燃烧学问题；并具有使用计算机解决燃烧学问题的初步能力；从而培养专业知识扎实、工作态度严谨细致、实践能力过硬的高素质创新型人才。



课程管理

控制面板

文件

课程工具

评价



课件下载（通道二）

下载网页：

西安交通大学教师主页→周屈兰→最新动态→
燃烧学



西安交通大学
xi'an jiaotong university

能源与动力工程学院
School of Energy & Power Engineering

http://epe.xjtu.edu.cn



课件下载



西安交通大学
XIAN JIAOTONG UNIVERSITY

教师个人主页



欢迎登录

周屈兰个人信息

最新动态

科学研究

教学研究

文采飞扬

研究团队

我的家庭

团队活动

Document Library

文件夹

我的文档

最近文档

搜索

搜索文件夹

文件夹

文件夹数

文件数

工程分析程序设计

0

2

气固两相流及其燃烧

0

1

燃烧学课件

0

9

显示 3 条结果。

从我的桌面访问。



课件下载

文件夹 »

燃烧学课件

文件夹	文件夹数	文件数	操作
-----	------	-----	----

显示 0 条结果。

文档

搜索

搜寻这个文件夹

名称	大小	下载	锁住	
CHEMKIN4.5燃烧学应用.pdf	7,797.0k	6332	没有	查看
已更正Reaction Desing chemkin 4.5下载位置.txt	0.1k	1548	没有	查看
燃烧学讲义2016-第一章.pdf	2,097.3k	1871	没有	查看
燃烧学讲义2016-第三章.pdf	3,459.3k	2302	没有	查看
燃烧学讲义2016-第二章.pdf	2,327.9k	1732	没有	查看
燃烧学讲义2016-第五章.pdf	1,258.5k	1525	没有	查看
燃烧学讲义2016-第六章.pdf	2,108.8k	1716	没有	查看
燃烧学讲义2016-第四章.pdf	1,748.4k	1731	没有	查看
燃烧学讲义2016-绪论.pdf	1,397.4k	1782	没有	查看



线上课程学习

- 推荐平台：智慧树（手机APP：知到）

<https://www.zhihuishu.com/>

➡ 手机注册，学生身份确认，认证

➡ 搜索课程“燃烧学”

其他在线
学习平台

中国大学MOOC：<https://www.icourse163.org/>

学堂在线：<http://www.xuetangx.com/>

好大学在线：<https://www.cnmooc.org/home/index.mooc>



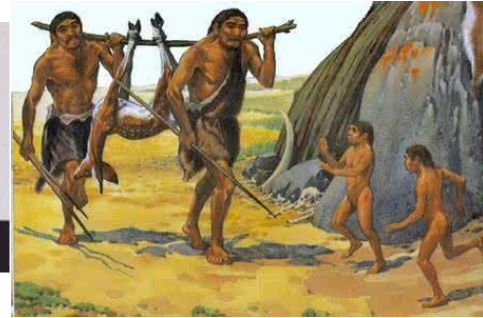
《道德经·第二十五章》

有物混成，先天地生，寂兮寥兮，独立而不改，周行而不殆，可以为天地母。

吾不知其名，字之曰“道”。



◆ 问题：“类人猿”和“原始人”的分界线是什么？



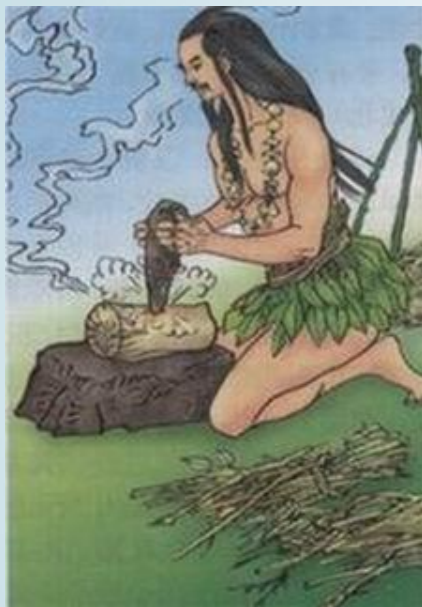
类人猿

原始人

- ◆ 大部分人类学家把“用火”作为人和类人猿的分界线
- ◆ 140~150万年前，“摩擦生火第一次使人类支配了一种自然力，从而最终把人和动物分开”——恩格斯



1.1 燃烧科学的发展简史——历史之火



中国古代传说“燧人氏”是“三皇”之首，是中华民族可考的第一位祖先

在希腊神话中，普罗米修斯创造了人类，并向人类传递了火种





1.1 燃烧科学的发展简史——文明之火

古代中国的五行：

金、木、水、火、土

- 古埃及的四种元素：火，空气，地球、水
- 古印度的四大元素：地、水、火、风
- 古希腊“元素”论认为水、气、火、土为万物之源





1.1 燃烧科学的发展简史——文明之火

印刷术

中国四大发明之一

印刷术是中国古代四大发明之一，它的发明对人类文明的发展产生了深远的影响。印刷术的发明，使得书籍的复制变得更加容易，知识的传播也更加广泛。印刷术的发明，为人类文明的进步提供了有力的支持。



上下五千年，多少风云事，翻阅历史书，知识就在书里。
聚散可以离合，书卷，是一种记忆。

中国/传/统/技/四/大/发/明
ZHONG GUO CHUAN TONG SI DA FA MING

指南针

中国四大发明之一

指南针是中国古代四大发明之一，它的发明对人类航海事业的发展产生了深远的影响。指南针的发明，使得航海变得更加安全和准确。指南针的发明，为人类文明的进步提供了有力的支持。



上下五千年，多少风云事，翻阅历史书，知识就在书里。
聚散可以离合，书卷，是一种记忆。

中国/传/统/技/四/大/发/明
ZHONG GUO CHUAN TONG SI DA FA MING

火药

中国四大发明之一

火药是中国古代四大发明之一，它的发明对人类军事事业的发展产生了深远的影响。火药的发明，使得战争变得更加残酷。火药的发明，为人类文明的进步提供了有力的支持。



上下五千年，多少风云事，翻阅历史书，知识就在书里。
聚散可以离合，书卷，是一种记忆。

中国/传/统/技/四/大/发/明
ZHONG GUO CHUAN TONG SI DA FA MING

造纸术

中国四大发明之一

造纸术是中国古代四大发明之一，它的发明对人类文明的发展产生了深远的影响。造纸术的发明，使得书籍的复制变得更加容易，知识的传播也更加广泛。造纸术的发明，为人类文明的进步提供了有力的支持。



上下五千年，多少风云事，翻阅历史书，知识就在书里。
聚散可以离合，书卷，是一种记忆。

中国/传/统/技/四/大/发/明
ZHONG GUO CHUAN TONG SI DA FA MING

古代中国四大发明



1.1 燃烧科学的发展简史——科学之火

- 17世纪末，德国化学家**斯塔尔**建立了“燃烧的元素”概念，这个词来自希腊文，意思是**使火开始**。把燃素学术系统化。
- “使化学借燃素说从炼金术中解放出来”
(恩格斯语)



斯塔尔

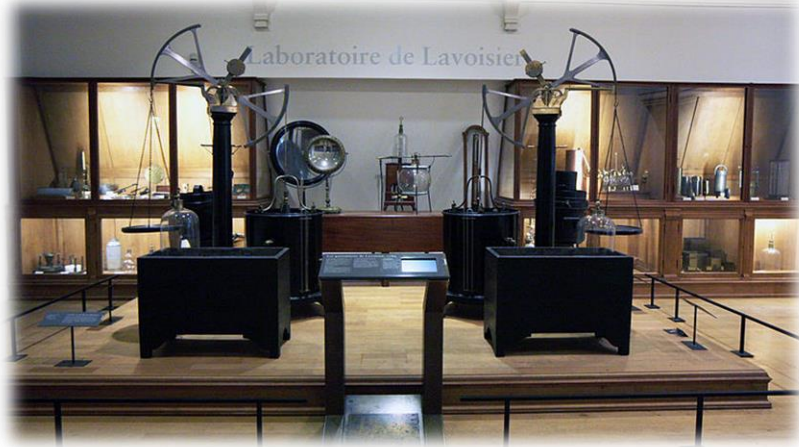


1.1 燃烧科学的发展简史——科学之火

- 1772年，法国科学家**拉瓦锡**认为燃烧是一种化学现象，并预言了氧的存在。1774年英国科学家**普利斯特里**从空气中分离出来了氧。拉瓦锡的燃烧学说得到确立，开始了揭开燃烧学本质的过程。



安托万-洛朗·德·拉瓦锡



拉瓦锡的实验室，收藏于法国工艺博物馆

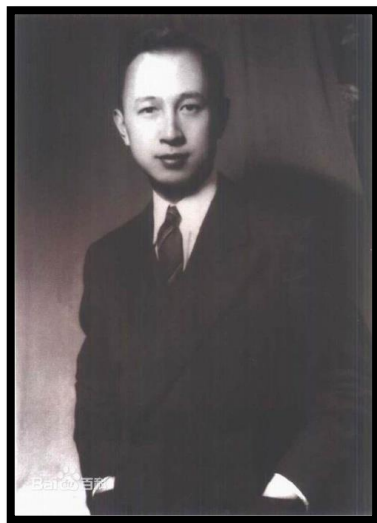


现代燃烧学的确立

1.1 燃烧科学的发展简史——技术之火



冯·卡门



钱学森

- ▶ 20世纪30年代，美国化学家刘易斯和苏联谢苗诺夫将化学动力学的机理引入燃烧研究，初步奠定了现代燃烧理论的基础
- ▶ 20世纪30~50年代，冯·卡门、钱学森提出用连续介质力学研究燃烧，形成“反应流体力学”。在航空航天领域做出巨大贡献。



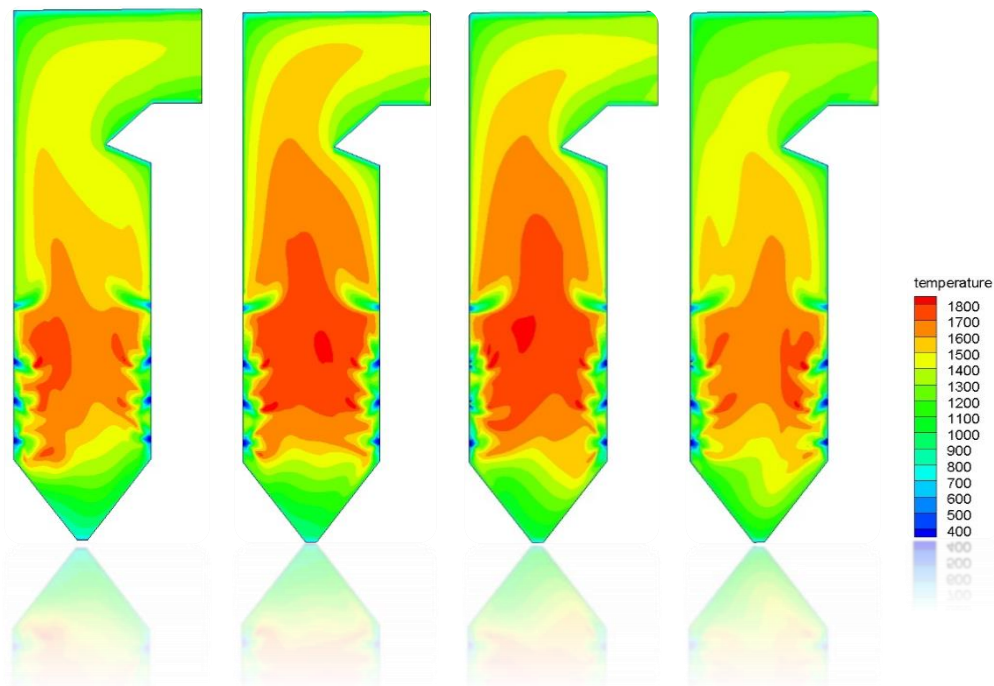
现代燃烧学的确立

1.1 燃烧科学的发展简史——技术之火

- 20世纪60年代，英国皇家工程院院士、帝国理工大学**布莱恩·斯波尔丁**教授首先得到了层流边界层燃烧过程控制微分方程数值解，此后引入湍流模型，形成了“**计算燃烧学**”。



布莱恩·斯波尔丁





请用一个与本课程相关的词语来描述以下活动

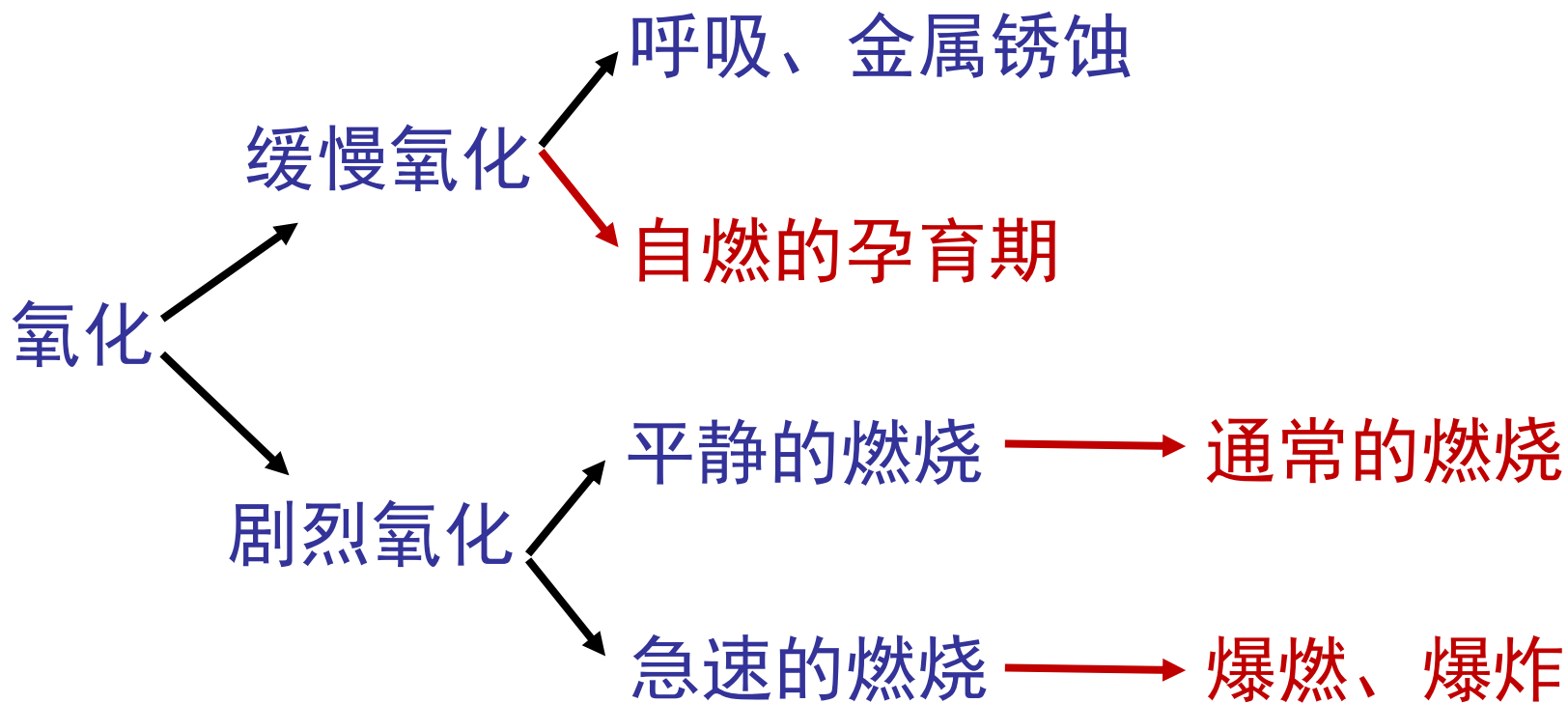


燃烧脂肪



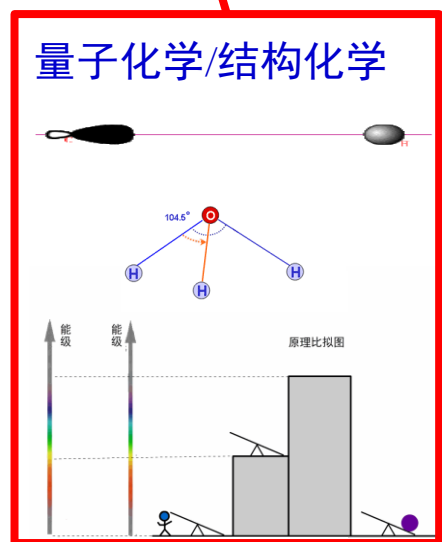
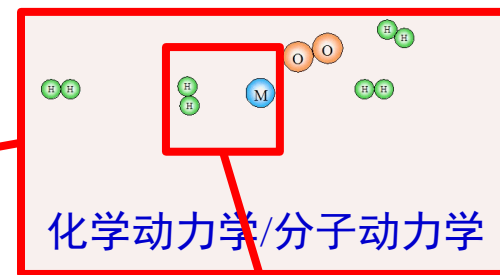
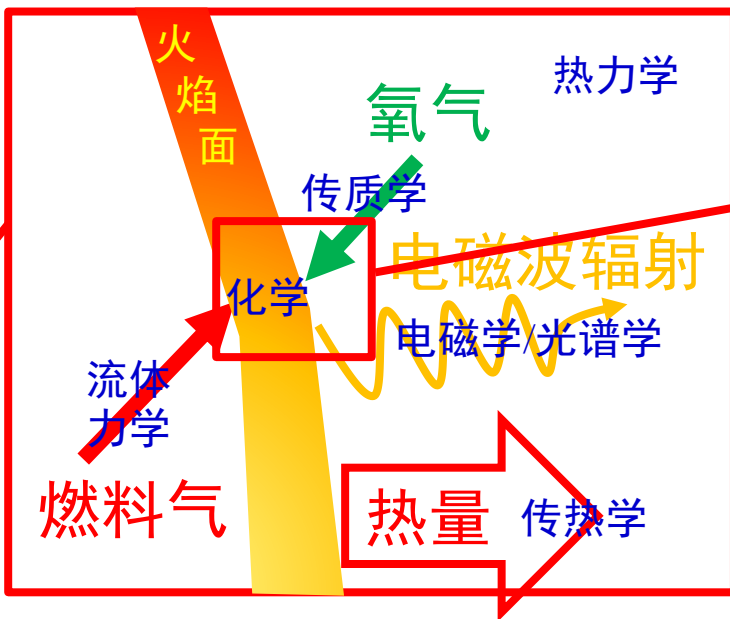
燃烧是什么？

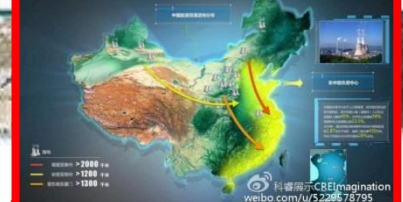
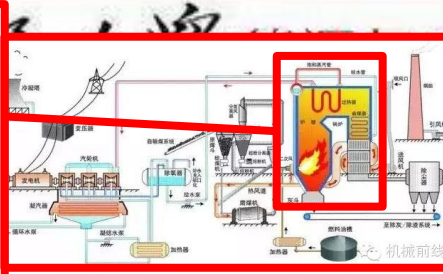
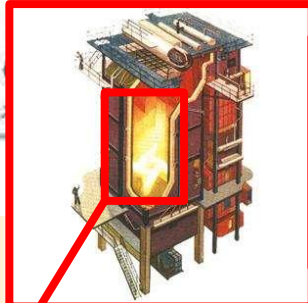
燃烧 现代燃烧学的研究范围**不限于**剧烈氧化而发光、发热的现象





燃烧是什么？





全国能源系统

能源互联网

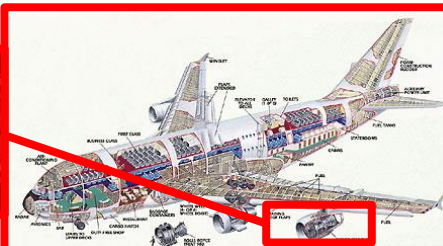
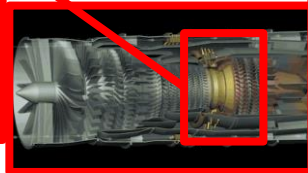


世界能源系统

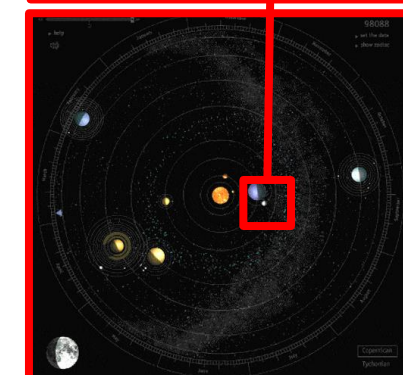
污染物排放与资源环境



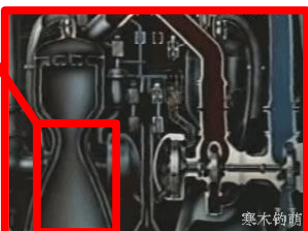
地球能源环境



交通与物流互联网

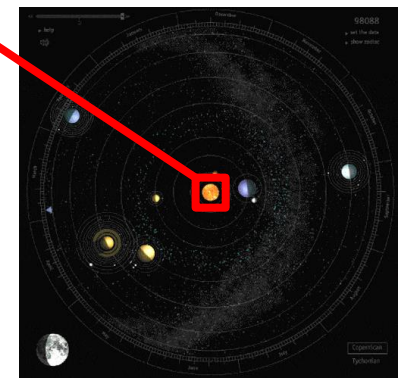
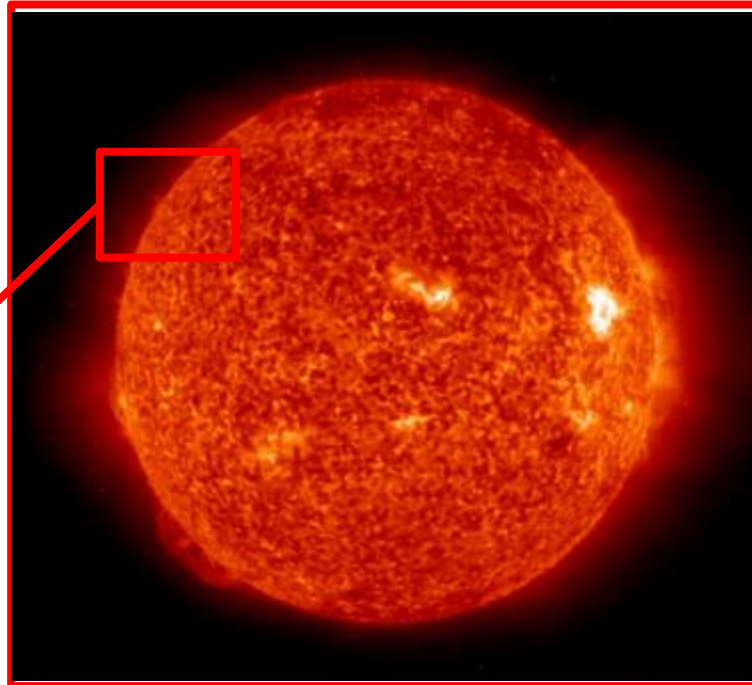


宇宙能量系统





太阳系最主要的能量来源：核聚变——广义的燃烧





《道德经·第二十五章》

有物混成，先天
地生，寂兮寥兮，
独立而不改，周行
而不殆，可以为天
地母。

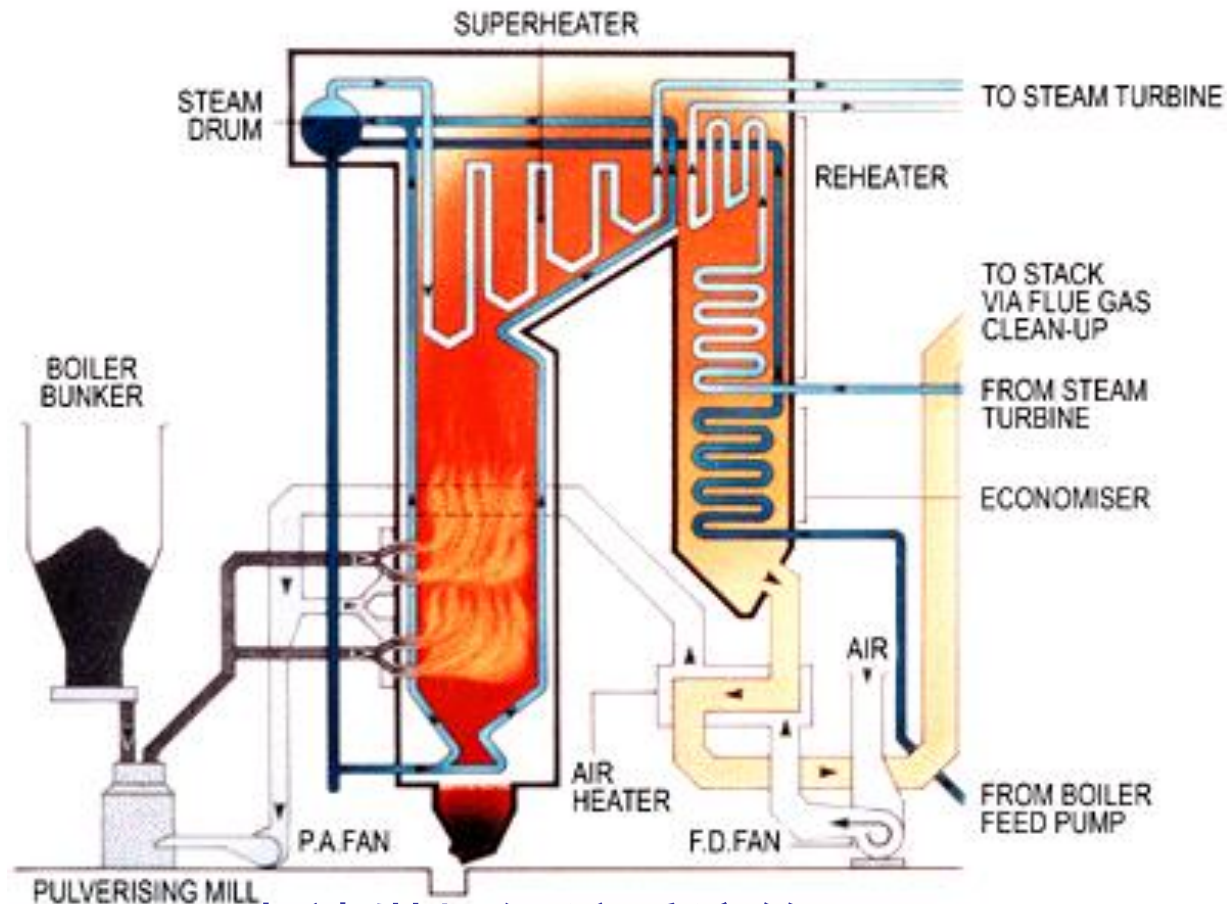
吾不知其名，
字之曰“道”。

- “火”的本质是“能量”。
- “能量”创造了宇宙，并从宏观到微观，驱动着整个宇宙的运行、运动。
- “能量”不但是运动的原动力，还是宇宙中信息传递的媒介（电磁波、光辐射、热辐射）。
- 所以，“火”在我们人类的先哲心中，拥有神圣的地位。





1.2 常见的燃烧设备与燃料



电站煤粉锅炉系统简图



链条锅炉



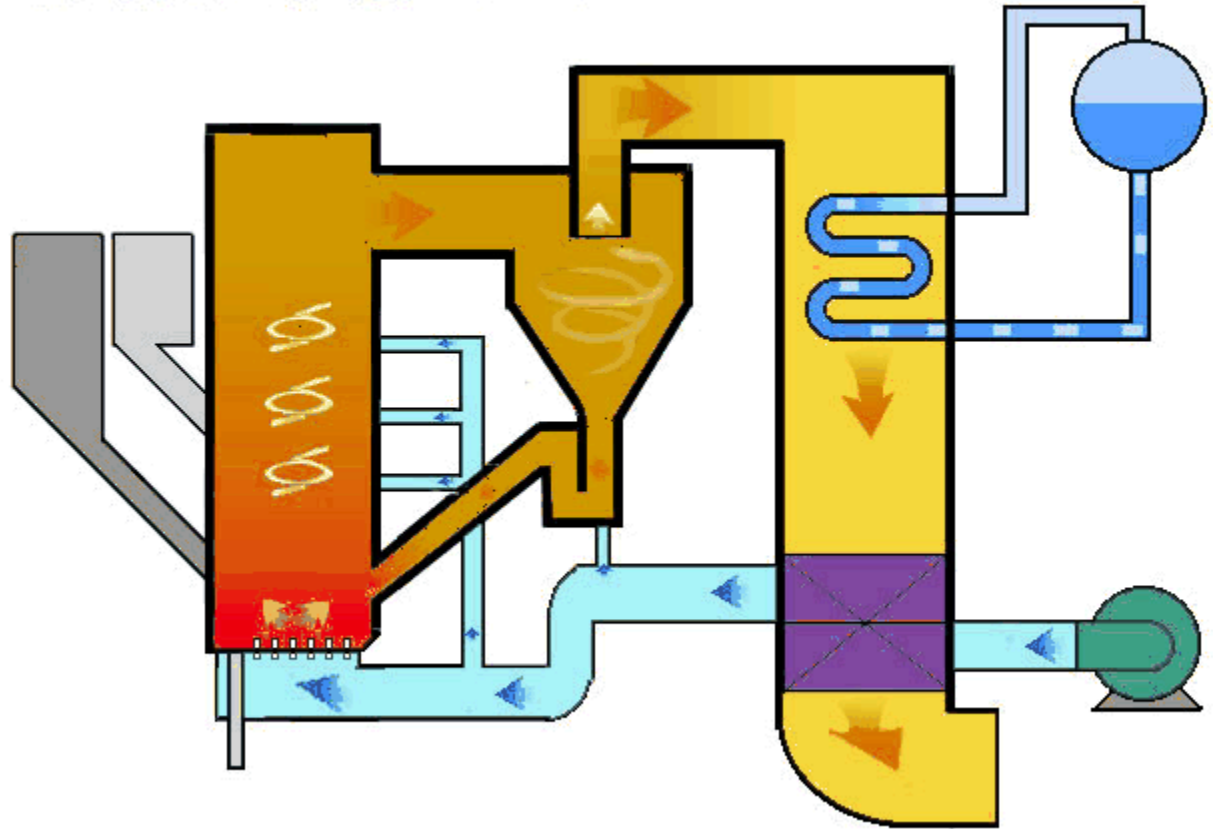
从炉排前部观察的商品型煤燃尽状态



从炉排后部观察的商品型煤燃尽状态



循环流化床锅炉原理图



循环流化床锅炉 (Circulating Fluidized Bed)

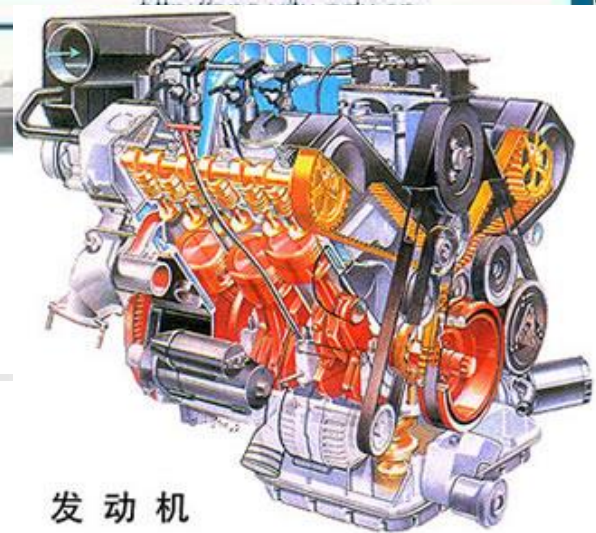


西安交通大学

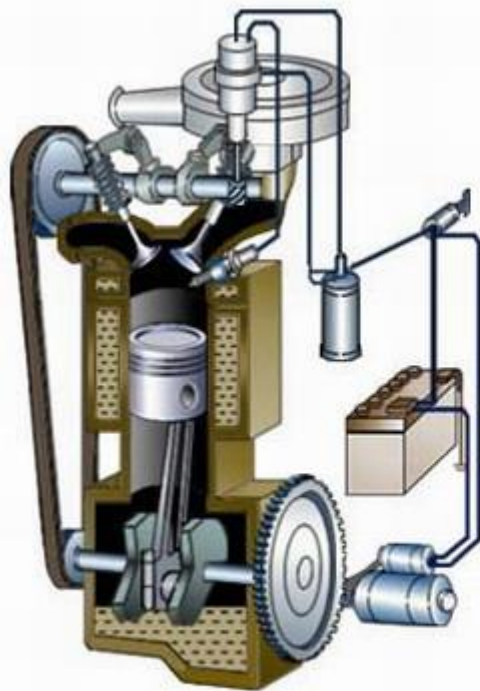
xi'an jiaotong university

能源与动力工程学院
School of Energy & Power Engineering

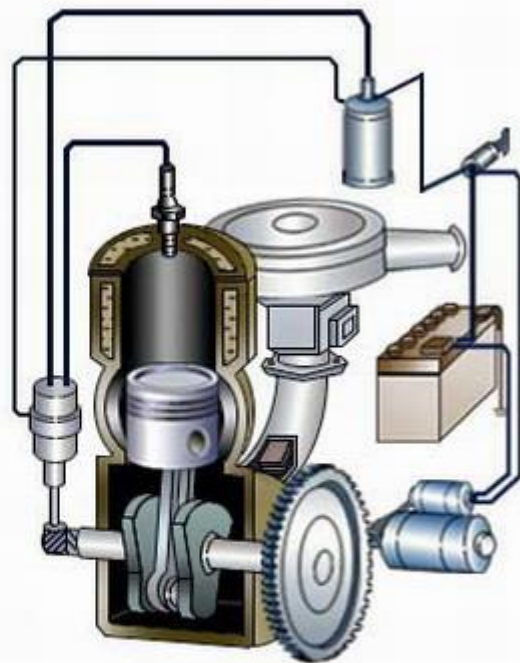
内燃机



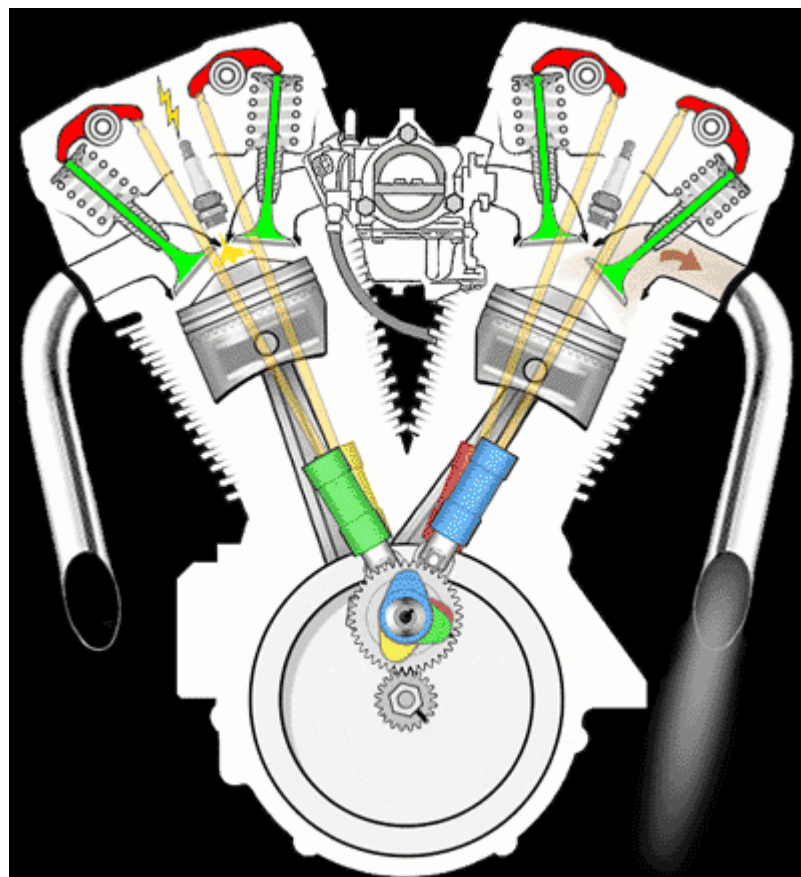
发动机



四行程



二行程



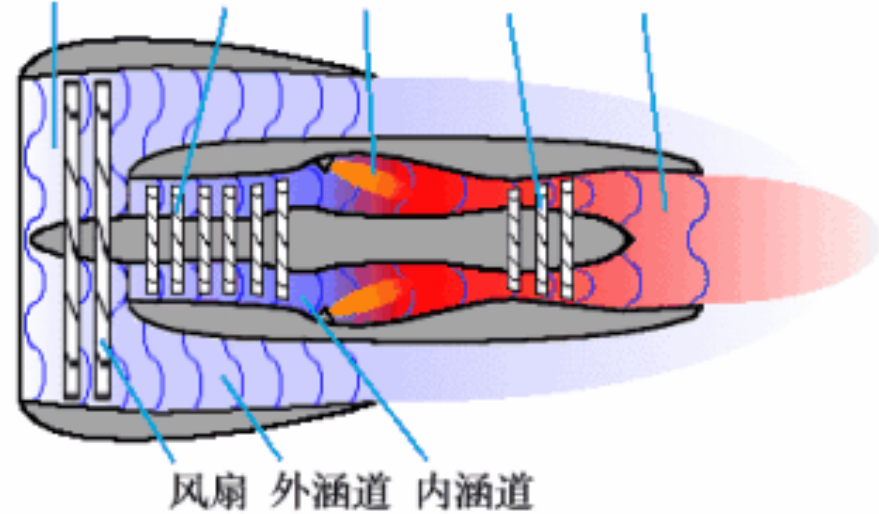


涡轮/涡扇发动机

民用高涵道比涡轮风扇发动机基本结构示意图



进气道 压气机 燃烧室 涡轮机 喷口

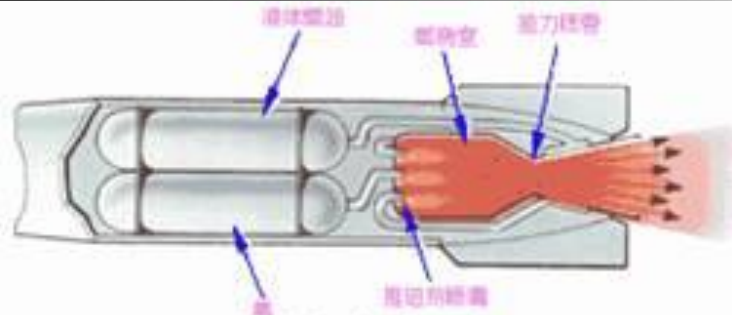




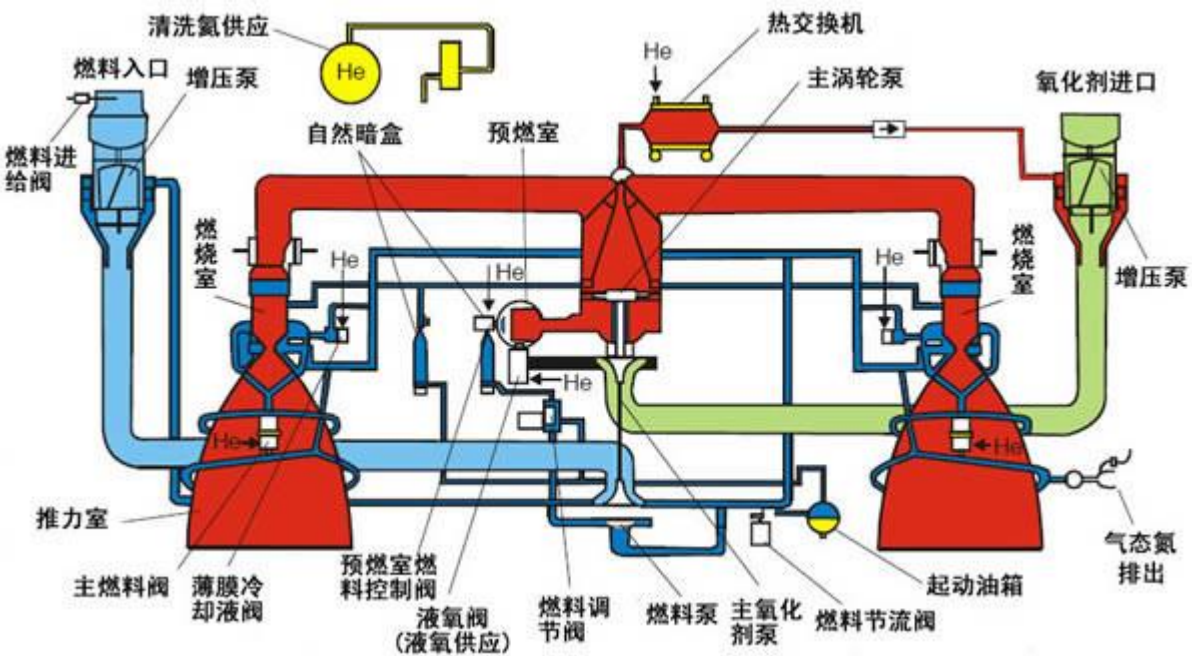
液体火箭发动机



寒木钩萌

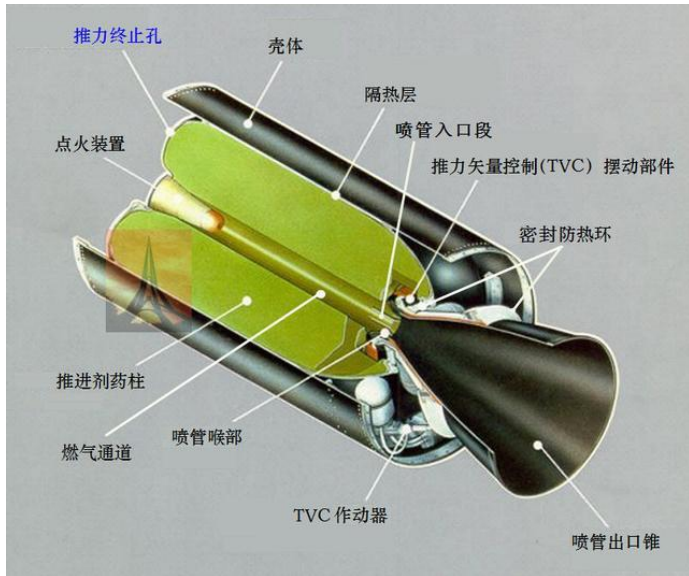
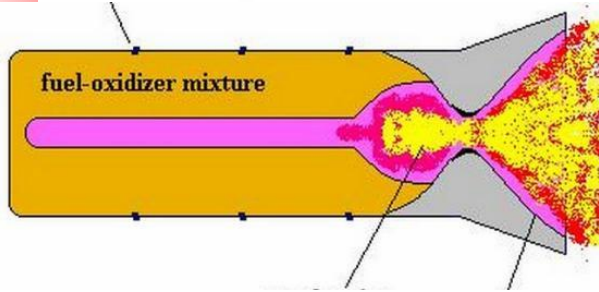


液体火箭发动机





固体火箭发动机





■ 固体燃料

• 液体燃料



• 气体燃料



燃料分类

类别	天然燃料	人工燃料
固体燃料	木柴，泥煤，烟煤，无烟煤，石煤，油页岩等（可燃冰）	木炭，焦炭，泥煤砖，煤矸石，甘蔗渣，可燃垃圾等
液体燃料	石油	汽油，煤油，柴油，甲醇，乙醇，二甲醚，水煤浆
气体燃料	天然气，煤层气，页岩气	高炉煤气，发生炉煤气，焦炉煤气，液化石油气



常用代表性燃气成分

序号	燃气种类	成分体积分数 (%)									
		H ₂	CO	CH ₄	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	N ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ S
1	天然气	-	-	98.0	C _m H _n 0.4	0.3	0.3	1.0	-	-	-
2	油田伴生气	-	[C ₂ H ₆] [7.4]	80.1	C _m H _n 2.4	3.8	2.3	0.6	-	3.4	-
3	炼焦煤气	59.2	8.6	23.4	2.0	-	-	3.6	1.2	2.0	-
4	混合煤气	48.0	20.0	13.0	1.7	-	-	12.0	0.8	4.5	-
5	高炉煤气	1.8	23.5	0.3	-	-	-	56.9	-	17.5	-
6	矿井气	-	-	52.4	-	-	-	36.0	7.0	4.6	-
7	高压气化气	59.3	24.8	14.0	-	-	0.2	0.8	-	共	0.9
8	液化石油气	-	C ₄ H ₈ 54.0	1.5	10.0	4.5	26.2	-	-	-	-
9	液化石油气	-	-	-	-	50.0	50.0	-	-	-	-



液体燃料的主要成分

- 汽油主要是由C4~C10各族烃类组成，是混合物，没有明确的化学式（**主要是异辛烷C8与正庚烷C7的混合物**）。
- 煤油因品种不同含有烷烃28-48%，芳烃20-50%或8%~15%，不饱和烃1-6%，环烃17-44%。碳原子数为11-16。此外，还有少量的杂质，如硫化物（硫醇）、胶质等。其中硫含量0.04%~0.10%。（**主要是C9~16烃类的混合物**）
- 柴油主要是由烷烃、烯烃、环烷烃、芳香烃、多环芳烃与少量硫(2~60g/kg)、氮(<1g/kg)及添加剂组成的混合物。（**主要是C15~18烃类的混合物**）



0号轻柴油油质资料

名称	M _{ar} (%)	A _{ar} (%)	C _{ar} (%)	H _{ar} (%)	O _{ar} (%)	N _{ar} (%)	S _{ar} (%)	$\frac{Q_{net,v,ar}}{(\text{kJ/kg})}$
0号轻柴油	0.00	0.01	85.55	13.49	0.66	0.04	0.25	42900

注：表中成分为质量分数

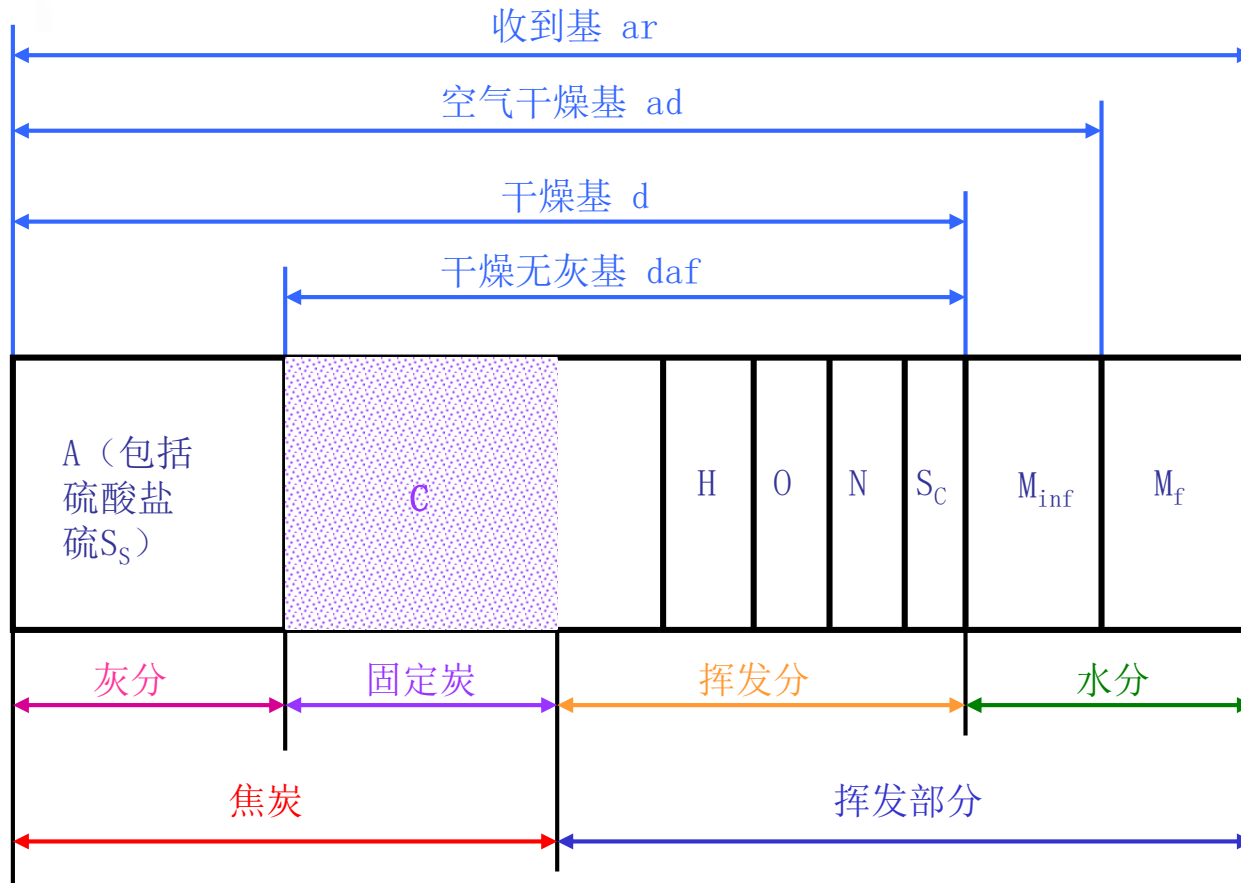
重油油质资料

名称	M _{ar} (%)	A _{ar} (%)	C _{ar} (%)	H _{ar} (%)	O _{ar} (%)	S _{ar} (%)	N _{ar} (%)	$\frac{Q_{net,v,ar}}{(\text{kJ/kg})}$	密度 (g/cm ³)	粘度 (°E)	开口闪点 °C	凝点 °C
200号重油	2	0.026	83.976	12.23	0.568	1	0.2	41860	0.92~1.01 1.01	100 °C 时 5.5~9.5	130	36
100号重油	1.05	0.05	82.5	12.5	1.91	1.5	0.49	40600	0.92~1.01	80 °C 时 15.5	120	25

注：表中成分均为质量分数



煤的成分图解



灰分



各类煤的元素组成（质量百分数）

煤的类别	C_{daf}	H_{daf}	O_{daf}	N_{daf}
褐煤	60~77	4.5~6.6	15~30	1.0~2.5
烟煤	73~93	4.0~6.8	2~15	0.7~2.2
无烟煤	89~98	0.8~4.0	1~3	0.3~1.5

- 我国煤的技术型分类法（GB5751-86）是采用表征煤的煤化程度的主要参数，即干燥无灰基挥发分 V_{daf} 作为分类指标，将煤分为三大类，褐煤、烟煤和无烟煤。凡 $V_{daf} \leq 9\%$ 的煤为**无烟煤**， $V_{daf} = 9 \sim 40\%$ 的煤为**烟煤**， $V_{daf} > 40\%$ 的煤为**褐煤**。 $V_{daf} = 9 \sim 19\%$ 的煤习惯上也称为**贫煤**。



学习《燃烧学》需要注意的几个问题

- 虽然燃烧过程的核心是化学反应，但**燃烧学不等同于化学**，**燃烧过程与流动、传热、传质密切相关**，**涉及大量物质和能量的转化、传递过程。**
- 学习《燃烧学》需要具备**融汇多个学科知识的能力。**
- 《燃烧学》同时还是一门实践性极强的学科，需要**较好的形象思维能力和动手能力。**