

<http://combustion.ustc.edu.cn/>

 燃烧技术与环境工程研究室
研究方向介绍

中国科学技术大学

热科学和能源工程系

林其钊

中国科学技术大学



- 1958年9月创建于北京
 - 首任校长：郭沫若（1958年9月—1978年6月）
 - “我国教育史和科学史上的一项重大事件”
 - 建校第二年即被列为全国重点大学
 - 国家首批实施“985工程”和“211工程”的大学
 - 也是唯一参与国家知识创新工程的大学
- 汇集了国内一流的最有声望的科学家：
 - 严济慈、华罗庚、钱学森、赵忠尧、郭永怀、赵九章、贝时璋等

- 师资力量:

- 院士: 26人
- 博士生导师: 538人
- 教授: 491人

- 隶属于中国科学院

- 办学方针: “全院办校, 所系结合”

- 专业设置:

- 9个学院、25个系和少年班
- 紧紧围绕国家急需的新兴科技领域
- 把理科与工科即前沿科学与高新技术相结合

- 人才培养:

- 注重基础课教学, 高起点, 宽口径
- 培养新兴、边缘、交叉学科的尖端科技人才
- 本科生生源和培养质量一直在全国高校中名列前茅
- 在校学生: 博士生2037人, 硕士生5401人, 本科生7514人



“创寰宇学府，育天下英才”

● 2000年统计资料：

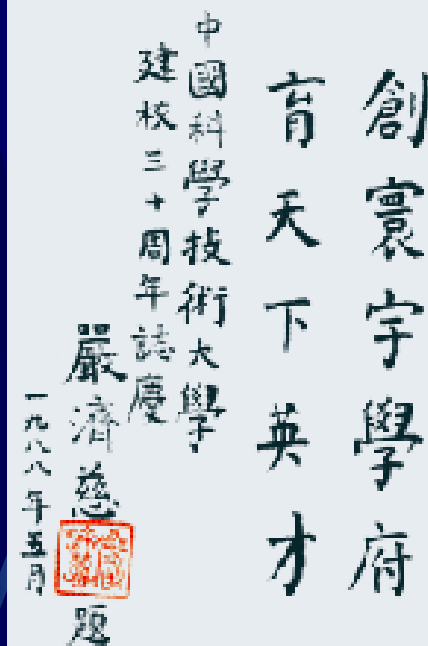
- 60岁以下的年轻院士：科大毕业占十分之一
- 平均每1000名本科毕业生中就产生1名院士

● 中国科大两项科研成果入选2005年国内十大科技新闻

- 中国科技大学在单分子选键化学研究领域获重大进展和实现国际最长距离实用光纤量子密码系统等两项科技创新成果榜上有名。

● 2001年中国十大科技进展新闻：

- 中国科学技术大学侯建国、杨金龙、朱清时等利用扫描隧道显微镜，“成功直接观察分子内部结构”，在国际上首次“拍摄”到能够清楚分辨碳原子间单键和双键的分子图像





- 张亚勤，78级少年班学生。微软全球副总裁，微软中国有限公司副总裁

- 姚新，78级少年班学生。英国伯明翰大学计算机学院首席教授

- 秦禄昌，78级少年班学生。北卡罗莱纳大学物理系教授；现任职NEC公司，主持碳纳米管研究项目



- 谢旻，78级少年班学生。新加坡国立大学工业与系统工程系教授

- 王力军，81级少年班学生。德国埃朗根-纽伦堡大学 (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) 首席教授，马普学会会员

- 卢征天，82级少年班学生。加州柏克利博士，美国阿贡国家实验室科学家以及芝加哥大学物理系和费米研究所教授。2006年12月当选美国物理学会会士



- 邵中，83级少年班学生。普林斯顿大学博士，耶鲁大学终身正教授

- 庄小威，87级少年班学生。哈佛大学化学与化学生物系、物理系双聘正教授

- 段镶锋，92级少年班学生。哈佛大学博士，现任职于著名的纳米技术公司——Nanosys (纳米系统) 公司，他是该公司高等技术研究组奠基人之一



- 面向世界科学前沿领域和国家重大需求，取得了一批具有世界领先水平的原创性科技成果
 - 量子通讯（郭光灿、潘建伟）
 - 极地科考（孙立广）
 - 纳米技术（钱逸泰）
 - 分子手术（侯建国）
 - 生命科学（牛立文、林其谁、施蕴瑜）
 - 细观力学、流体力学（伍小平、童秉纲）
 - 湍流燃烧、燃烧模拟计算（陈义良、范维澄）

工程科学学院



- 工程科学学院的前身是：
 - 钱学森先生**1958**年创建并担任首届系主任的近代力学系
 - 工程科学学院首任院长是伍小平院士
 - 现任院长为崔尔杰院士
- 工程科学学院成立于**1998**年**9**月
 - 由力学和机械工程系（**5**系）
 - 精密机械与精密仪器系（**9**系）
 - 热科学和能源工程系（**13**系）
 - 中科院材料力学行为和设计重点实验室组成。

热科学和能源工程系

● 历史：

- 创办于**1958**年
- 为国内大学中同类专业创办最早者
- 前身是工程热物理系
- 首任系主任为我国著名科学家、中科院院士吴仲华先生
- **1961**年至**1982**年，曾并入近代力学系，**1983**年恢复系建制



● 学科：

- 硕士专业学位点：工程热物理、制冷和低温技术
- 博士专业学位点：工程热物理
- 博士后流动站：工程热物理
- 科学院重点学科：工程热物理

● 本课题组：隶属于工程热物理学位点

能源危机==燃料危机

燃料==能源

● 本课题组研究方向:

- 燃烧技术与污染控制
- 化石燃料的能量转化过程

- 核、太阳、风、水、地热、海洋能等能源的优点是无污染、洁净的能源
- 存在的主要问题包括: 经济\安全\能量密度\易获取性等方面

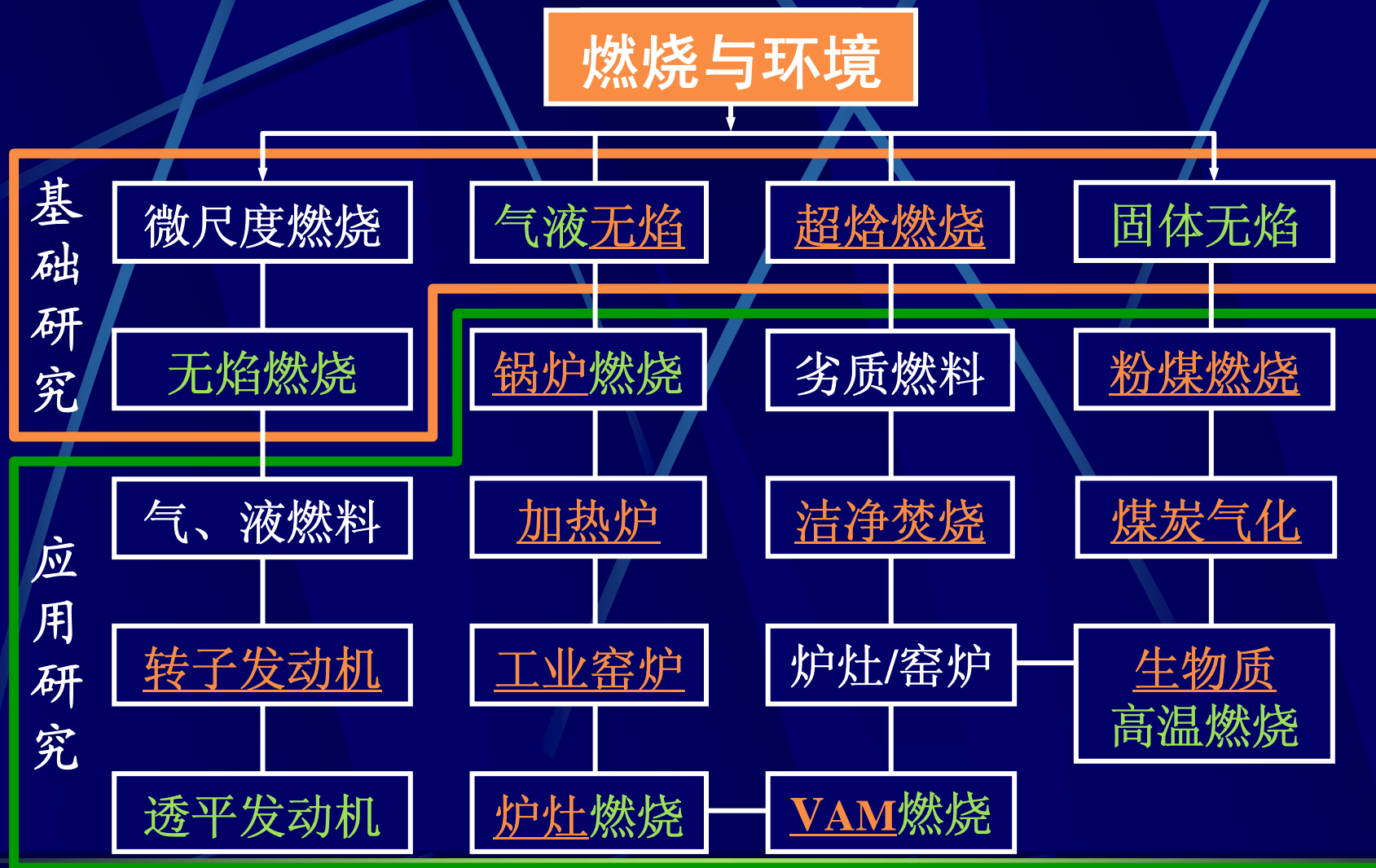
● 燃烧燃料获取热能和动力的优势:

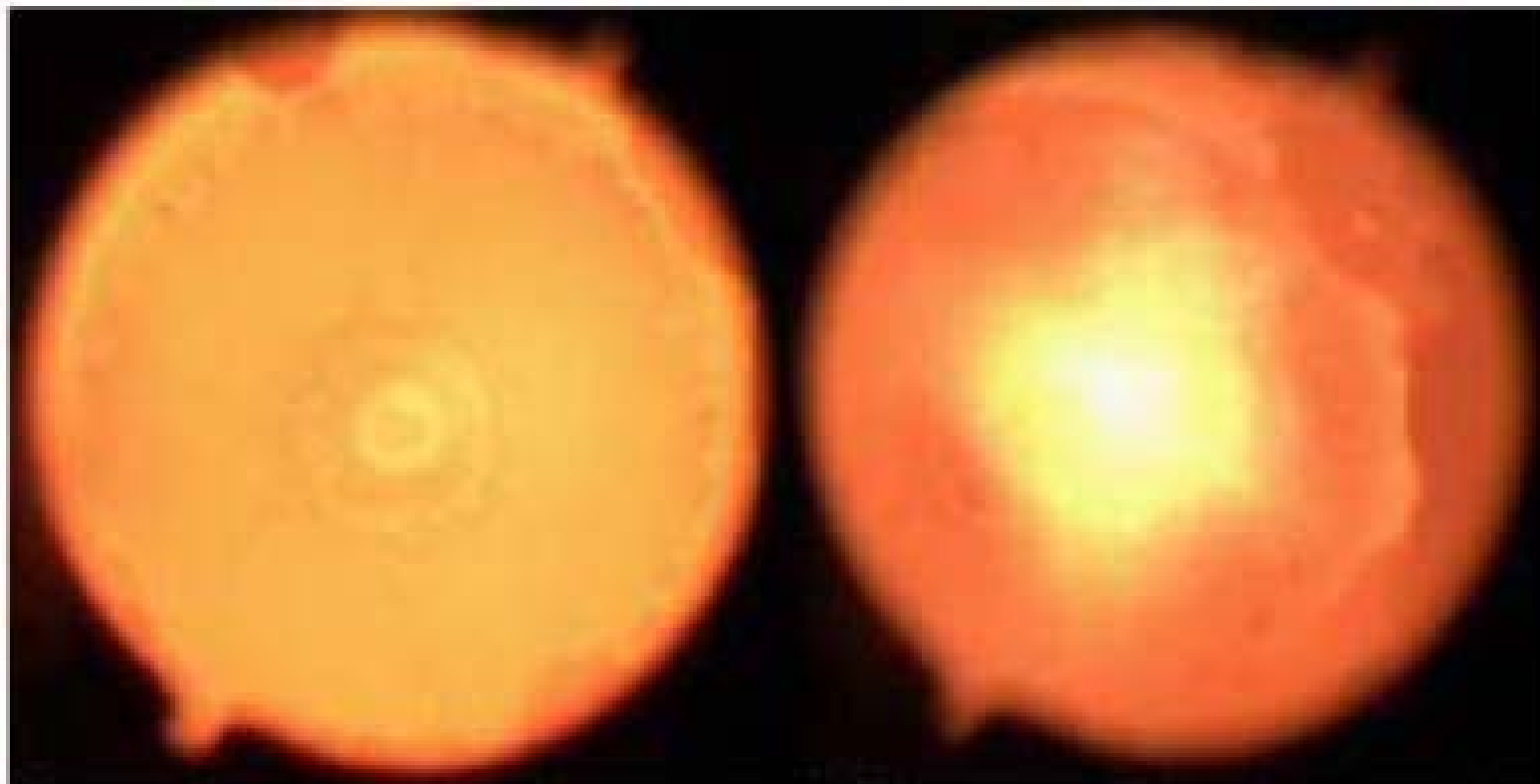
- 高效、经济、能量密度大

● 通过燃烧矿物燃料获取热能和动力, 在世界能源消费份额中, 在一个相当长的历史时期, 将会占有较大的比重

主要研究方向与研究内容

燃烧与环境





Flameless oxidation
(FLOX[®]) mode

Flame oxidation mode

(Source: IVD University Stuttgart)

煤粉无焰燃烧和有焰燃烧图片[*]

RETURN

*G. Scheffknecht. Experimental study of carbon mass balance on flameless oxidation of pulverized coal in an entrained flow reactor. Diploma thesis suggestion, 2006

RETURN

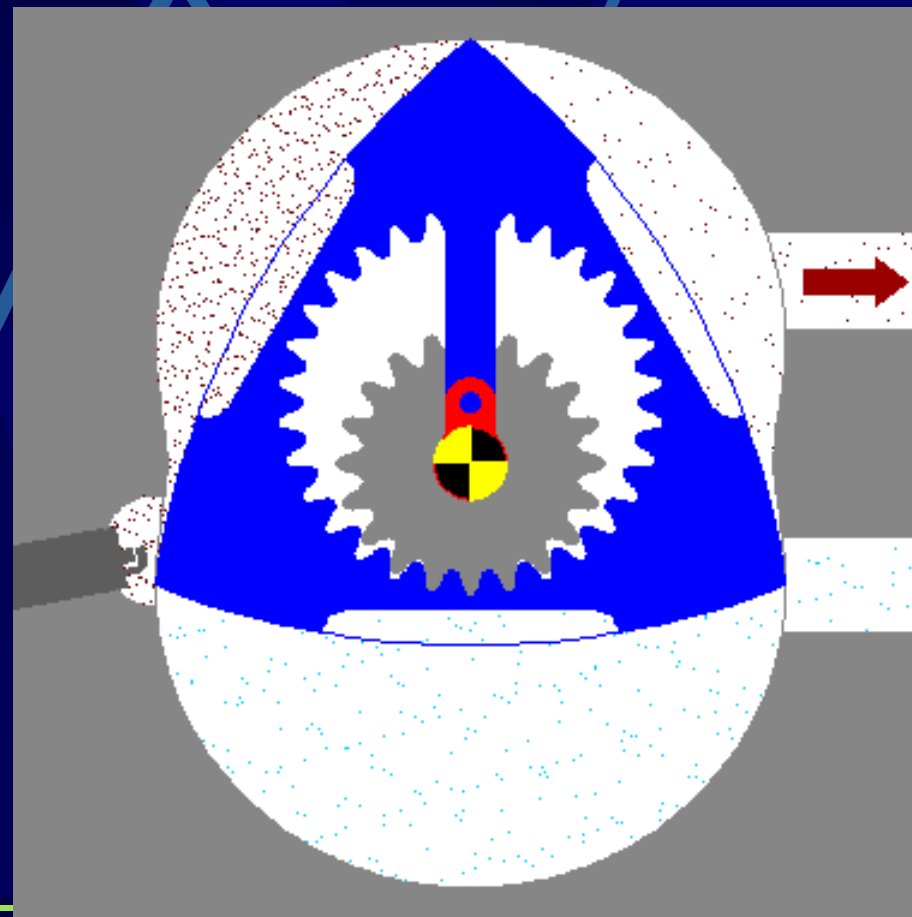


转子发动机的研究

中国科学技术大学
热科学与能源工程系
2003年

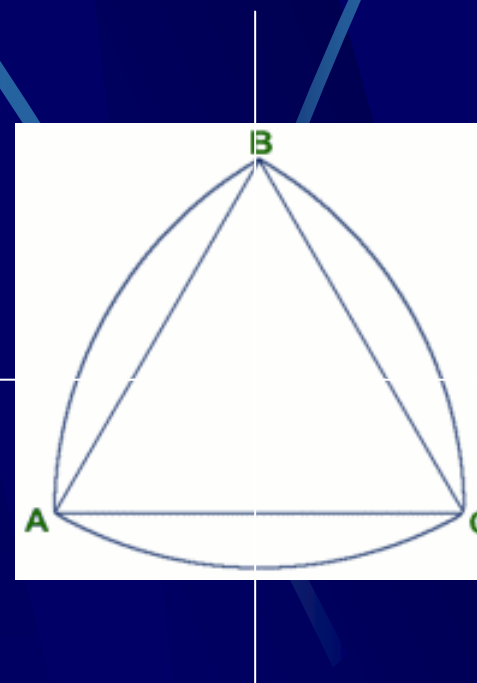
转子发动机的基本原理

- 如图所示，随着转子的转动，工作室内完成类似普通往复内燃机的四个过程：
 - 进气
 - 压缩
 - 点火燃烧膨胀做功
 - 排气
- 通过推动转子的转动，带动中心齿轮对外输出功率



参数选取

- 偏心距 $e=1.20\text{mm}$
- 刨成半径 $R=7.80\text{mm}$
- 形状参数 $K=R/e=6.5$
- 平行距 $a=0$ (不考虑)
- 内圆半径 $2e=2.40\text{mm}$
- 外圆半径 $3e=3.60\text{mm}$
- 缸体长 $2(R+e)=18.00\text{mm}$
宽 $2(R-e)=13.20\text{mm}$
- 转子宽 $B=5.30\text{mm}$
- 轴距系数 $B/e=4.5$



研究方向的应用:

- 由于高的能量密度，具有广泛的应用前景
- 国家需求
 - 机器人动力
 - 单兵电源
 - 微型飞行器
- 民用方面
 - 数码相机电源
 - 危险场所（以及海底）作业的机器人动力
 - 其它需要电能源的需求

学术研究与探索

- 需要探索与研究的科学问题：
 - 微尺度下燃烧问题
 - 微尺度下气体的流动问题
 - 微尺度下发动机的点火问题
 - MEMS加工技术
 - 密封问题
 - 摩擦问题
 - 热力循环过程
 - 排放问题
 - 强度问题

RETURN



固体废弃物高温焚烧

广东省教育部省部产学研结合项目
2007年—2009年

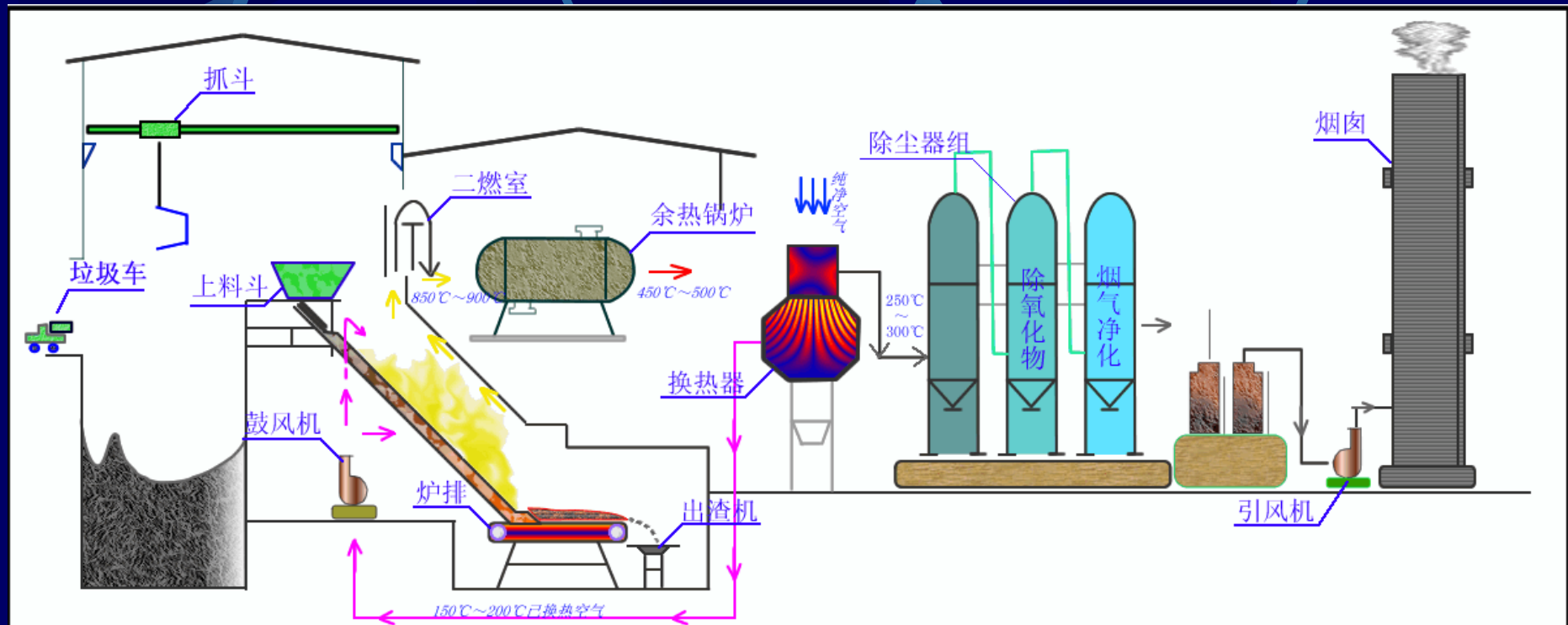
应用背景

- 环境问题
 - 垃圾对城市的包围
- 主要问题是：
 - 运行成本
 - 烟气的净化问题
 - 不适应垃圾热值低，且热值变化范围大的问题
- 国外的焚烧系统存在：
 - 一次性投资成本高
 - 运行成本高（需要大量的燃料助燃）

科学问题

- 燃烧产物的净化
- 燃烧强度的提高
- 二恶英生成条件与净化
- 高温空气燃烧
- 低氧燃烧（当量比接近于1）
- 贫氧燃烧（氧浓度低于21%）
- 目的是：
 - 降低焚烧成本
 - 降低系统设备的成本

固体废弃物焚烧炉工艺流程简图

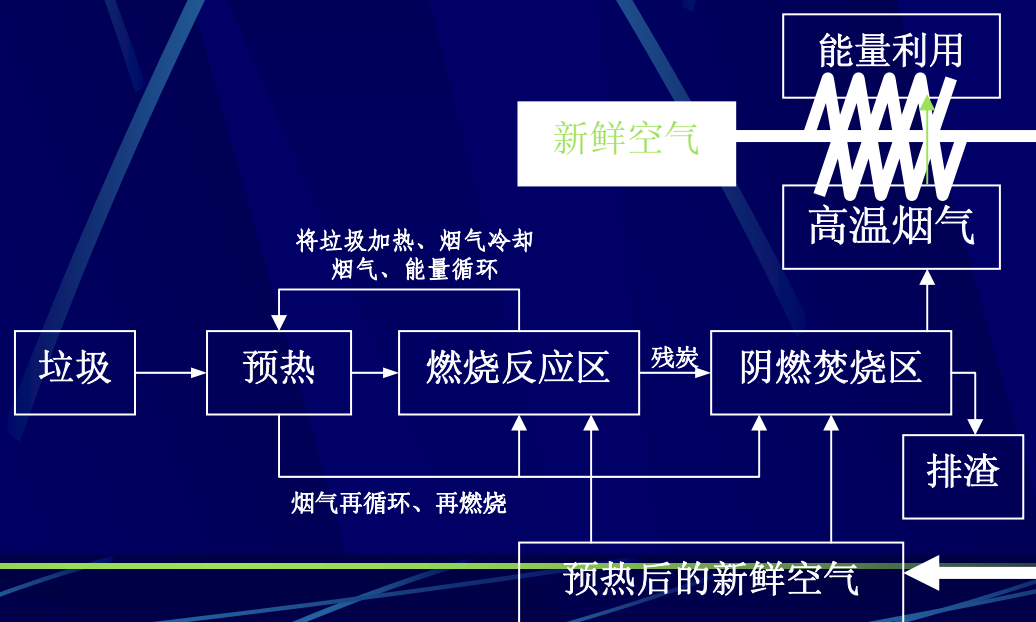


● 燃烧反应区：

- 采用有焰燃烧，由于垃圾已经被烟气预热，加入新鲜空气后，使火焰温度进一步提高；
- 利用鼓风机和排烟系统，强制通风，强化有焰燃烧反应过程；
- 在尽可能减少能量损失的情况下，使燃烧产物（烟气）与新鲜垃圾进行热交换。

● 预热区：

- 利用燃烧反应烟气的能量，提高新鲜垃圾温度

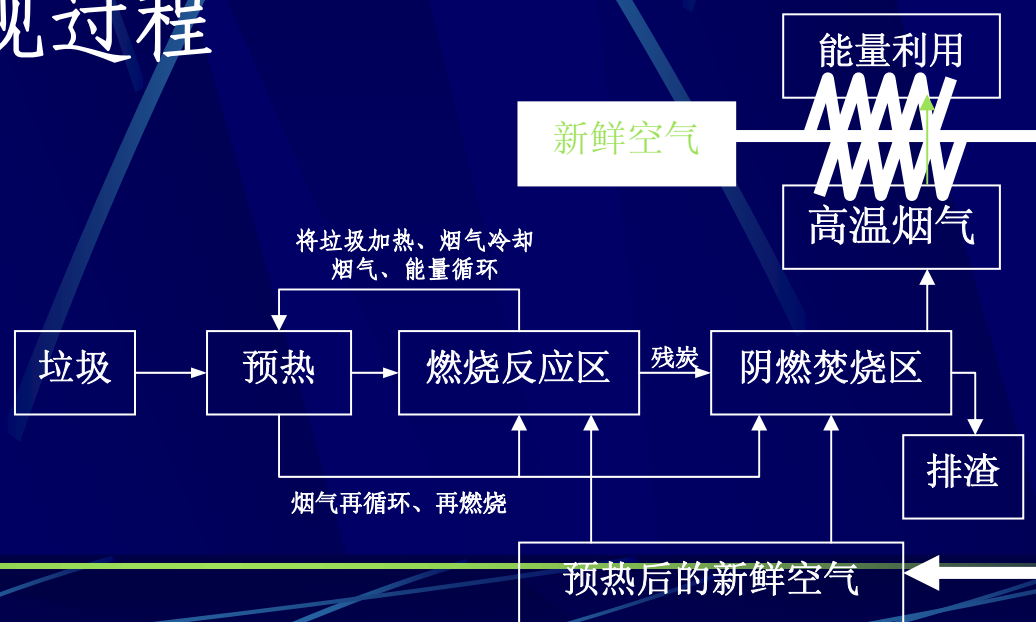


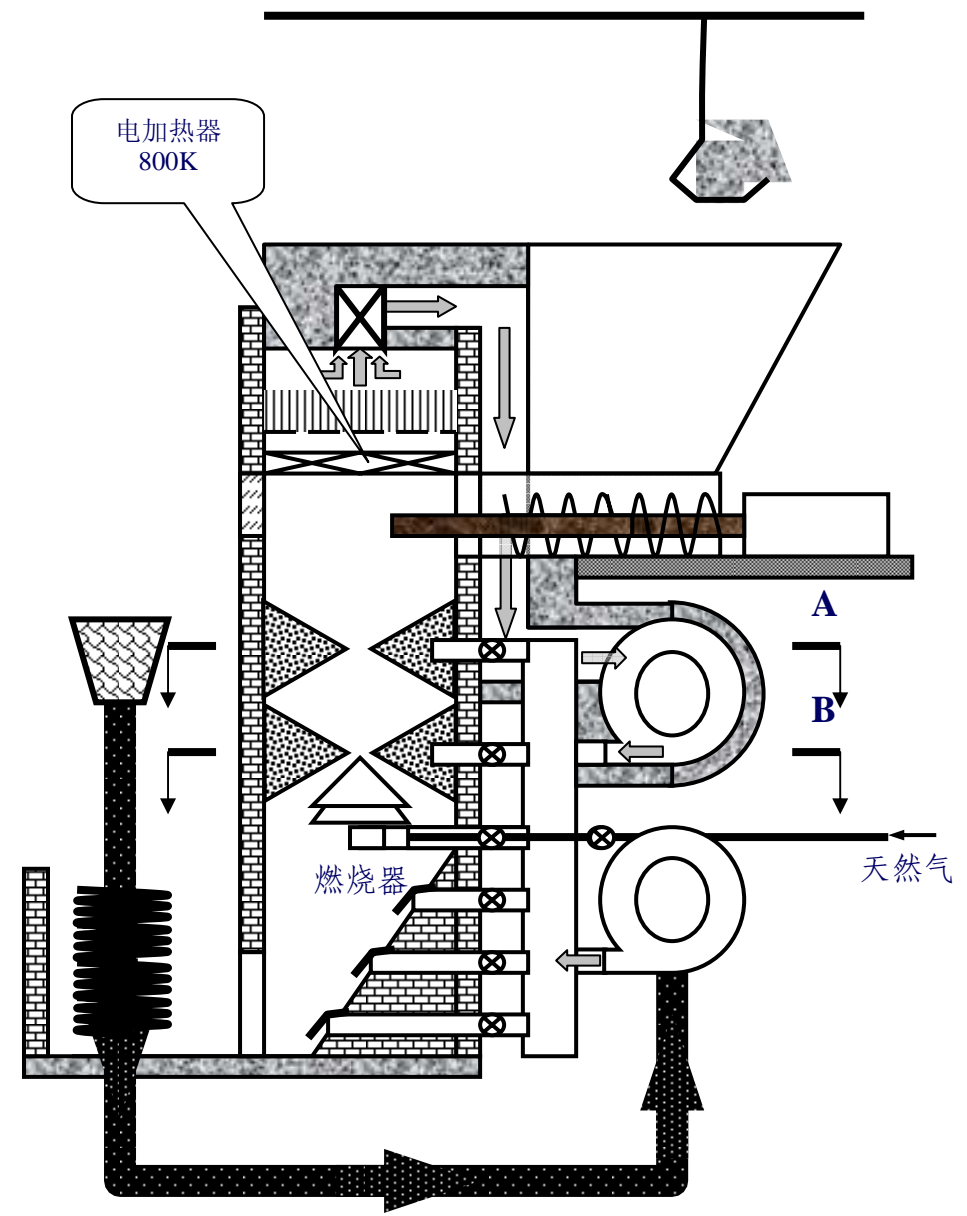
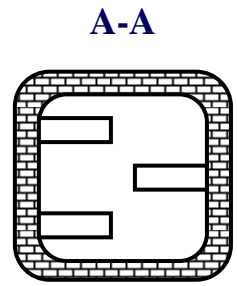
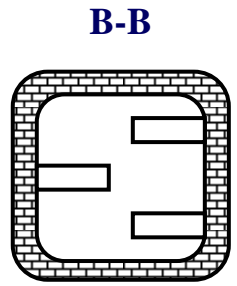
● 阴燃焚烧区：

- 可以达到较高的温度，高于灰熔点温度，使矿物质结渣，一方面可减少烟气中的飞灰，另一方面可以有效消除各种有害细菌。
- 阴燃焚烧区的高温可以过滤烟气中的未燃碳氢成分，使其进一步热解，在充分的供氧条件下，使其完全燃烧。
- 阴燃区可以延缓烟气流动，使烟气在高温区有足够的停留时间，满足二恶英完全分解的条件，（850°C以上，停留2秒以上）。

● 右图的具体实现过程

- 见下页

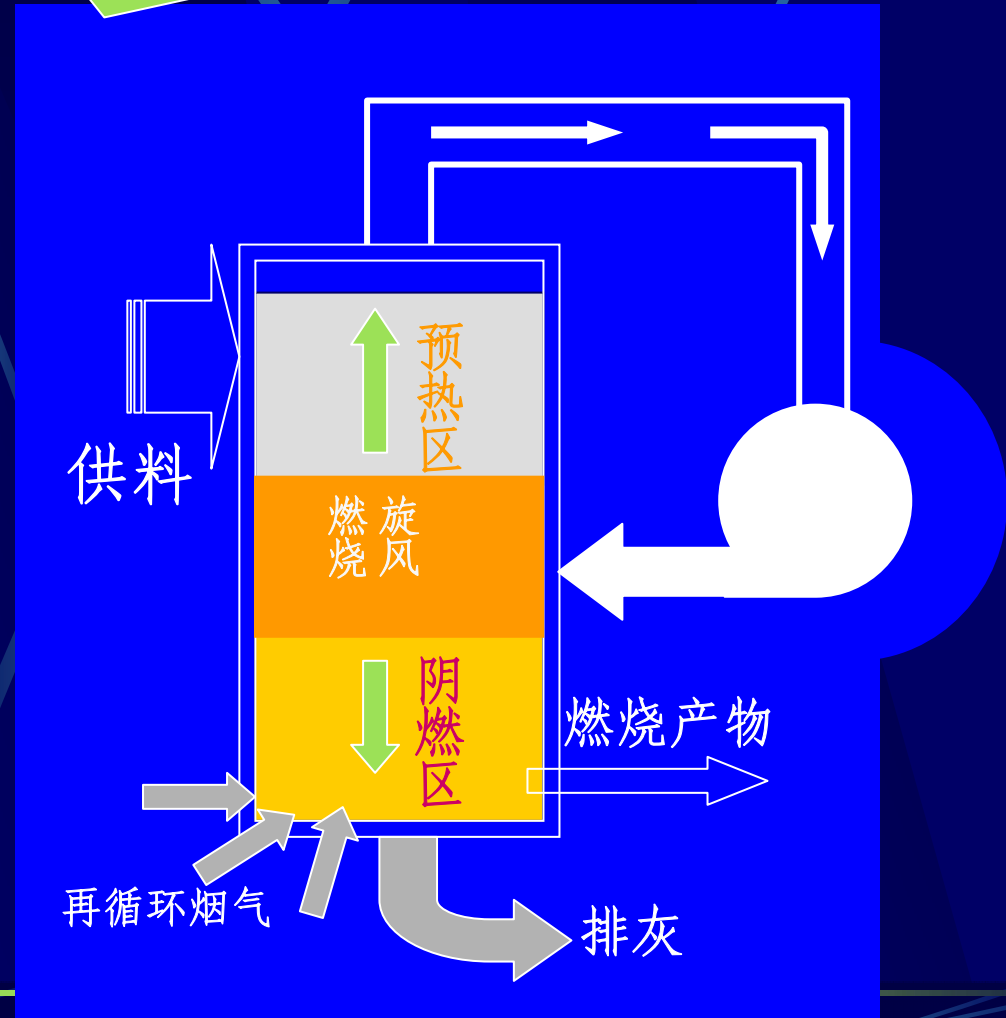


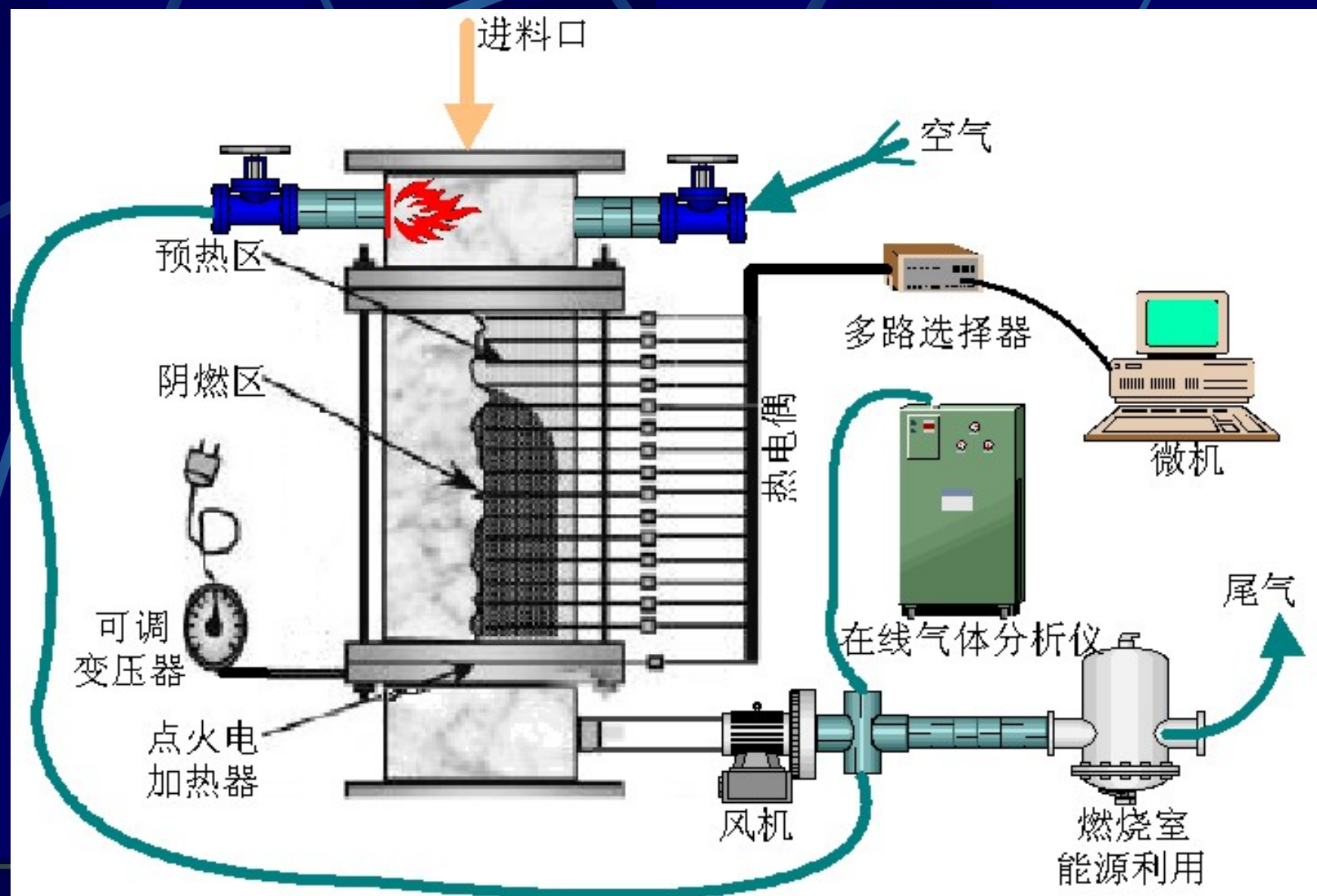


垃圾焚烧炉的工作流程

- 供料速度
- 加热能量
- 贫氧条件
- 预热区温度
- 阴燃区温度
- 气流速度

顶部送料、底部排灰的阴燃焚烧炉，采用硫化床烟气循环的方式预热生活垃圾，对垃圾进行脱水、干燥，最高加热温度可以超过生物质的着火温度。在焚烧炉内利用阴燃区完成恶臭、 SO_x 、二恶英的净化。





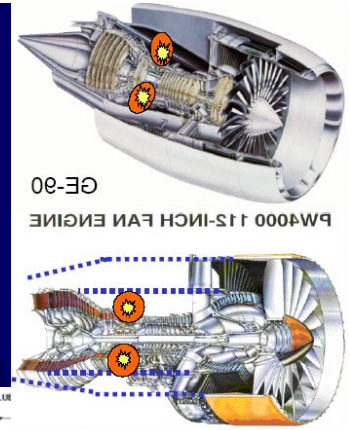
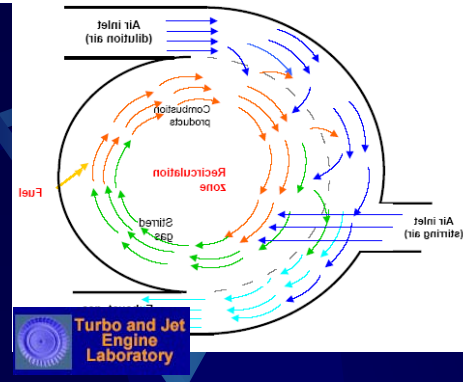
谢谢!

RETURN

“无焰燃烧”

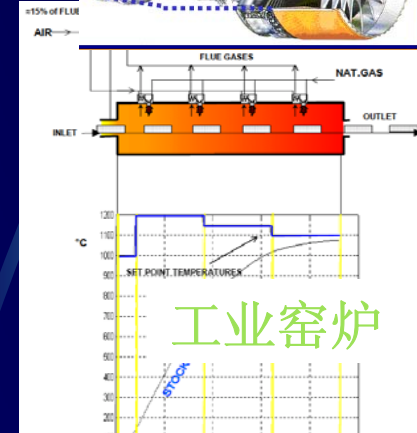
- 气体燃料预混燃烧时的火焰特征
 - 由于预混燃烧的火焰透明，火炬无明显轮廓，有时称为“无焰燃烧”
- 阴燃（或焖烧）过程
 - 以固体燃料的表面燃烧为主，过程中没有可见的气相火焰，往往也被燃烧学家叫做“无焰燃烧”
- “无焰燃烧”锅炉
 - 让燃料与空气首先在燃烧器中进行有火焰的燃烧反应，而后使燃烧产物流过炉膛，因为炉膛内没有燃烧反应过程，因此人们也常常将这种炉子称为“无焰燃烧”锅炉
- 上述这些“无焰燃烧”，只是看不见火焰，都应属于传统燃烧的范畴。

高温空气（无焰）燃烧



高温空气无焰燃烧的优点:

NOx emissions	Abatement down to $\approx 10 - 25 \%$
Fuel savings	From 15 to 30 % or more
Productivity increase (same lay-out)	$\approx 25 \%$ or more
Specific investment cost per unit production	Approximately 10% saving
Thermal uniformity (cross profile)	Very much improved



Steel, 30 t/h Tube Reheating

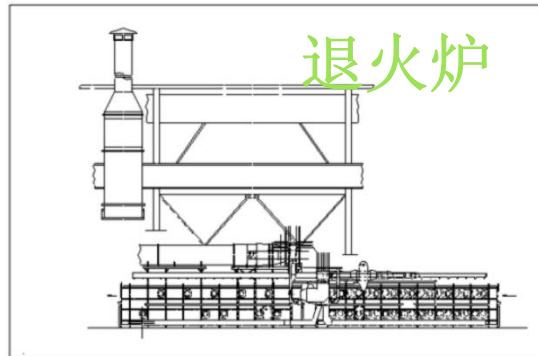
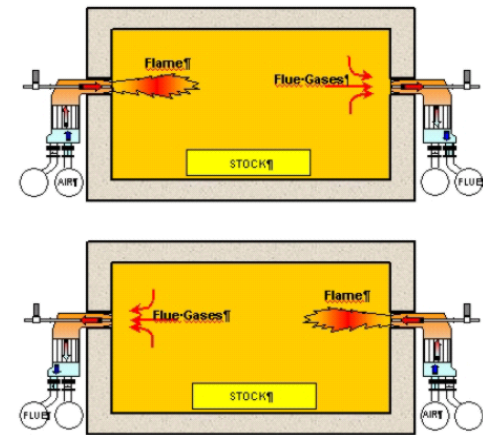


Fig. 13: Annealing furnace for stainless strip – Terni works.

蓄热式热循环加热炉



Regenerative Burners.

● 高温燃烧的理论依据

● 优点:

- 提高燃烧速度
- 提高热力学循环效率

● 限制条件:

- 材料的耐热极限
- 热力 NO_x 生成
- 传统扩散火焰高温区仅存在于火焰锋面

● 高温燃烧、空间放热（实现燃烧过程的优化）

- 全部燃烧室内实现高温燃烧
- 提高反应物在高温区的停留时间
- 控制最高燃烧温度

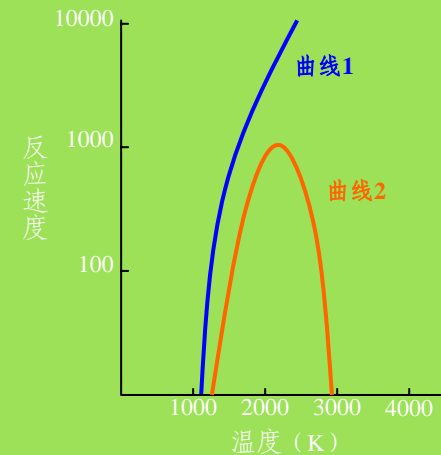


图1

曲线1反应速度随温度的变化

曲线2考虑了反应物的消耗和稀释

● 高温空气燃烧的实现方法

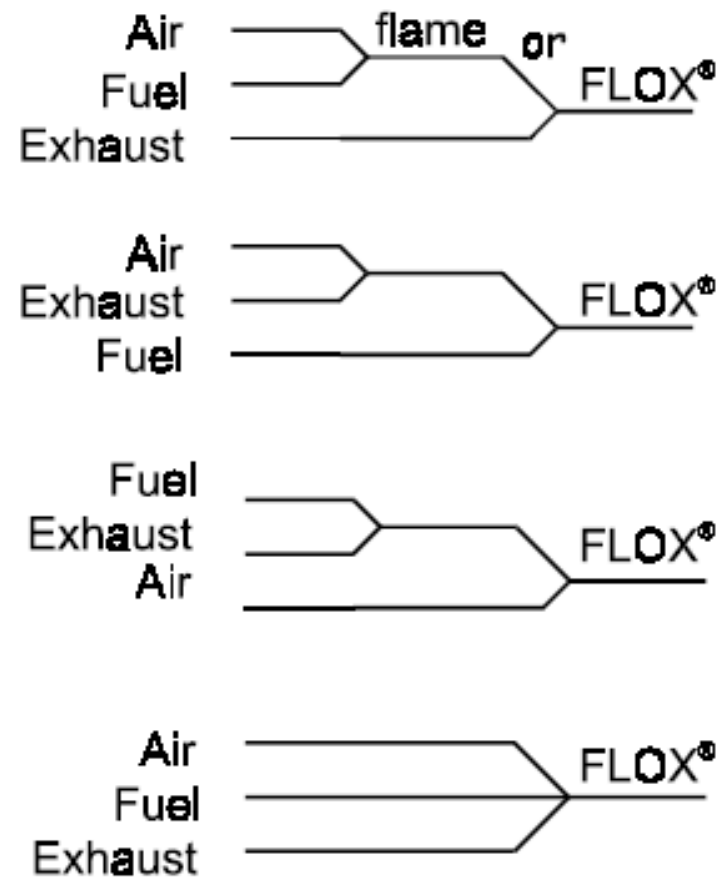


Figure 2: Air / Fuel / Exhaust Gas Mixing

● 高温空气无焰燃烧的特点：

- 无可见火焰前沿（无焰）
- 燃烧噪音大大降低
- 低的 NO_x 排放
- 温度场非常均匀，无局部高温区
- 高的燃烧效率
- 高的容积热负荷

● 高温空气无焰燃烧的限制性：

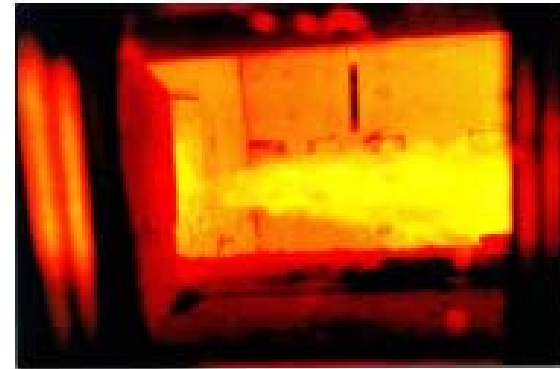
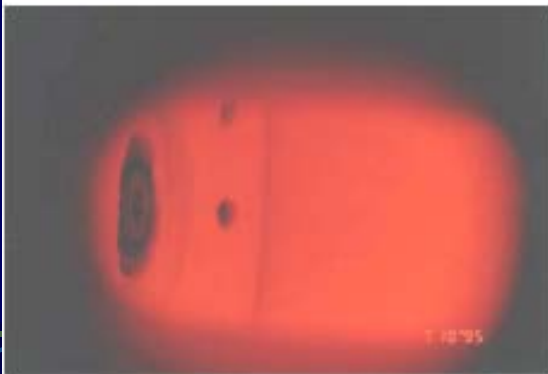
- 高的排烟温度
- 间歇式
- 高温换热器

高温空气无焰燃烧照片

重油 by Wunning (德国) 天然气 by Milani (意大利)



Conventional and flameless combustion of heavy fuel oil. Prototype swirl burner for heavy fuel oil - power 100 kW_e. Oxidizer: standard atmospheric air (21% O₂) at 250°C.



Conventional Flame - 1.5 MW



Diluted Flame - 1.5 MW

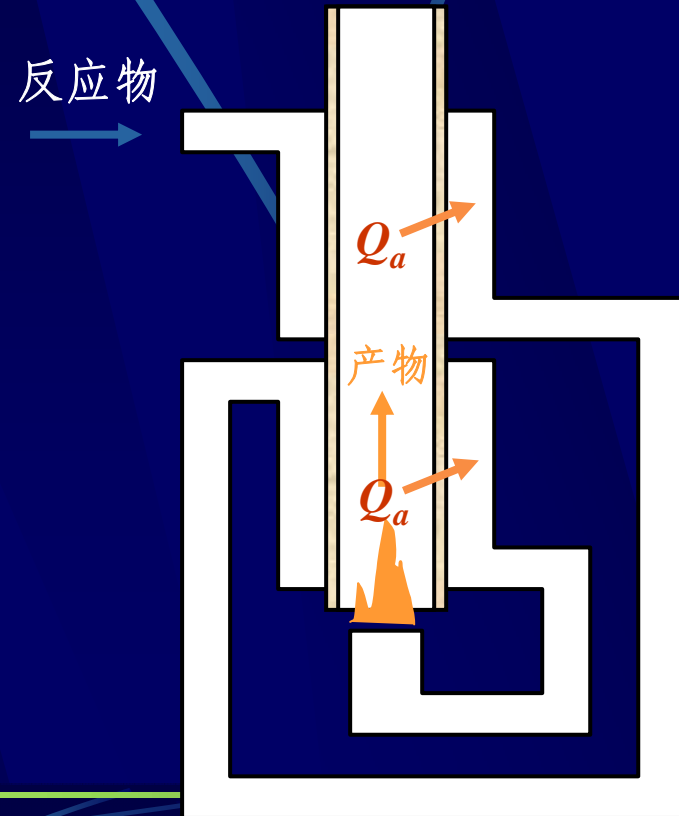
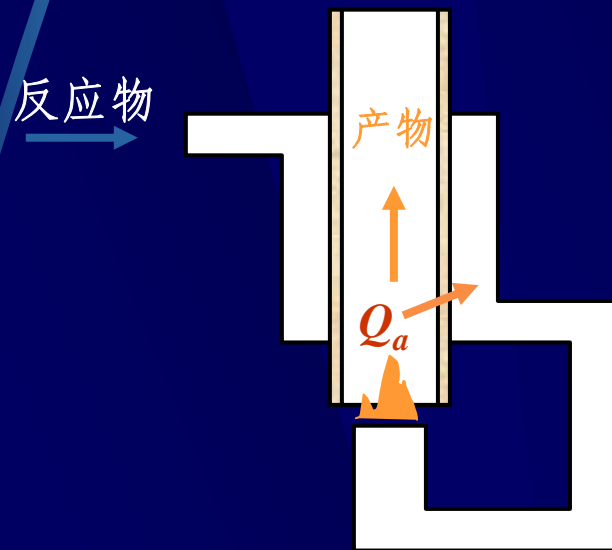
● 高温空气无焰燃烧研究内容:

- 燃烧机理与物理化学过程的描述
- 新材料的研究与开发
- 在各种燃烧设备中的应用研究
- 燃烧设备的系统优化

RETURN

● Excess Enthalpy Combustion (Nature, 1971)

- 燃烧劣质燃料
- 提高燃烧稳定性
- 增加燃烧浓度界限
- 提高系统循环热效率
- 提高传热温差

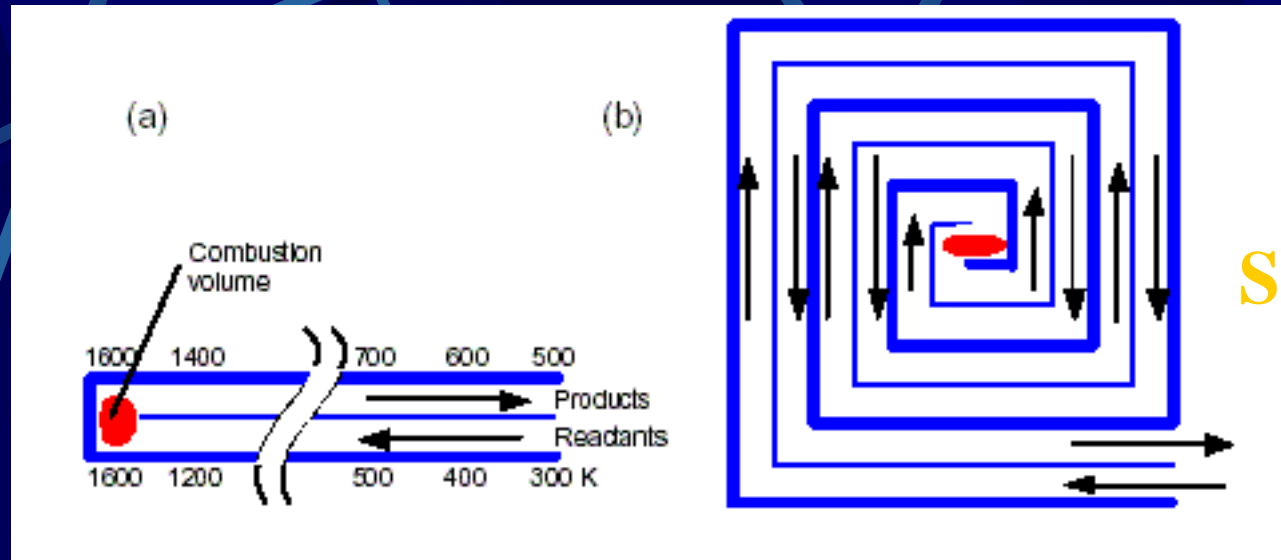


$$\int_{T_0}^{T_f} C_p dT = Q_c + Q_a = H_f - H_0$$

超焓燃烧的局限性

- 燃烧室壁面的熔点是温度的上限
 - 正常情况下，能量循环量超过75%，系统会熔化
- 下限温度则是能够进行燃烧的温度1000°C
- 高温换热器的加工与制造非常困难
- 燃烧产物高温热解影响到温度的进一步升高
- 热力NO_x会大量生成

Swiss-Roll



Structure

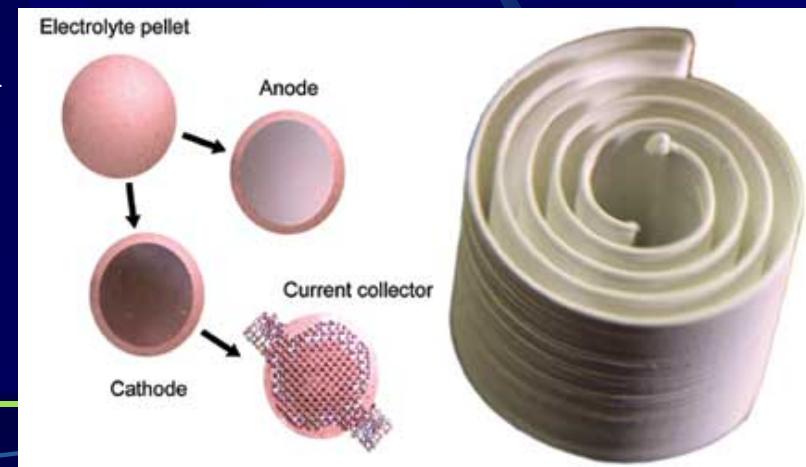
Swiss-Roll Structure

- Configuration of Swiss-Roll can be Used as:

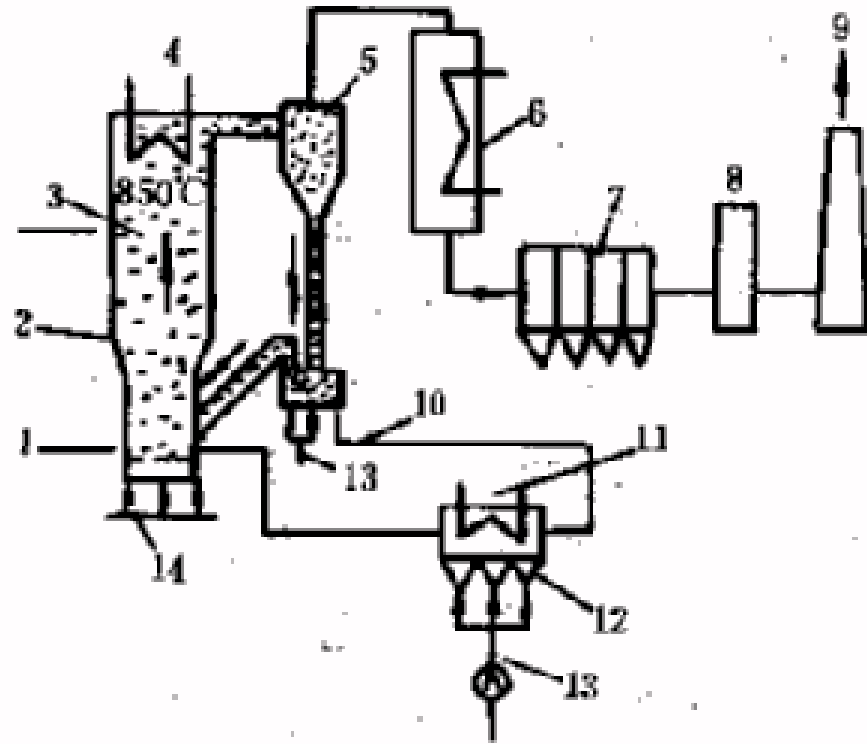
- Design LTSOFC Stacks
- Heat Exchanger

- Merit:

- Increase Usable Area for Reaction & Heat Exchange



流化床



图(4-9) 循环沸腾床锅炉流程图

- 1—煤和石灰石 2—二次风 3—沸腾床反应室
4—蒸发部分 5—旋风筒 6,11—蒸汽锅炉
7—电气除尘器 8—空气预热器 9—烟囱 10—灰
12—物料床冷却器 13—空气 14—一次风

RETURN

● 常温空气条件下的无焰燃烧在工业锅炉中的应用：

● 技术措施与目标：

- 强化燃烧过程，提高燃烧效率
- 强化传热过程，提高系统热效率
- 燃烧室温度分布均匀，降低局部热应力
- 控制燃烧温度，降低 NO_x 与CO排放
- 提高反应强度，减少未燃碳氢排放

关键科学问题

- 常温空气条件下的无焰燃烧：
 - 实现条件与主要影响因素
 - 反应区结构特征
 - NO_x 形成机理、CO氧化机制与化学反应历程的模拟计算
 - 常温空气无焰燃烧混合过程的关键影响因素与特点
 - 物理与化学过程的理论模型建立与模拟计算
 - 理论燃烧温度与燃烧优化技术研究
 - 采用催化方法实现无焰燃烧的技术与机理研究
 - 在各种燃烧设备中的适应性研究
 - 能量输运机理与强化传热技术
 - 液体与固体燃料无焰燃烧的实现条件

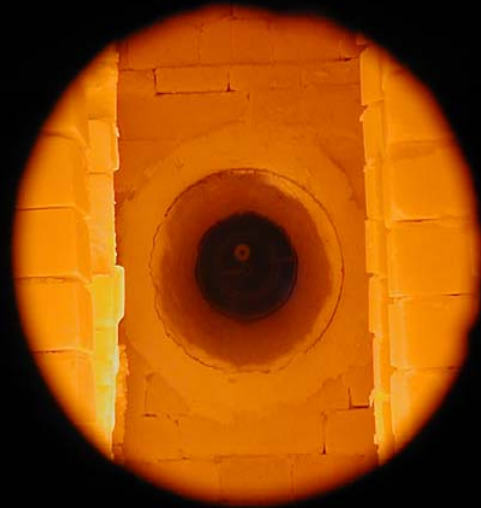
● 我们在燃气锅炉燃烧方面进行的工作：

- 相同的设备尺寸与工作条件
- 热效率达到92%
 - 比目前同类型锅炉提高5%
- 污染物排放：
 - NO_x 小于100ppm
 - CO 小于10ppm
 - 大大低于传统燃烧方式

● 我们在无焰燃烧研究方面的特点:

- 实现了常温空气条件下的无焰燃烧，达到了高温空气无焰燃烧的效果，简化了无焰燃烧的实现条件

燃气锅炉中常温空气
条件下的无焰燃烧照片



中国科学技术大学

● 一些结果:

● 理论研究:

- 有空间放热特征的常温空气无焰燃烧的实现条件
- 初步探索常温空气无焰燃烧的混合过程及反应区结构特征
- 初步探索了 NO_x 与 CO 的形成规律

● 实验研究:

- **2t/h**的燃煤锅炉中改烧天然气，实现了常温空气无焰燃烧
 - 热效率比同类型锅炉提高4%以上（达到92%）
 - NO_x 、 CO 、温度场、容积热负荷等都具有空间放热无焰燃烧的特征
- 在中小型锅炉中，实现了常温空气条件下的无焰燃烧
 - 有望将家用热水器热效率提高到94%以上（目前热效率在80%左右）

鉴定结论原件

● 专家认可的指标:

- 热效率达到**92%**以上
- **NO_x**浓度小于**100ppm**
- **CO**浓度小于**10ppm**

● 总体水平:

- 该项研究填补了国内空白
- 其技术水平国内领先
- 部分技术达到国际先进水平

● 专家认为本项目为更加节能、更具环保的燃气工业锅炉提供了新的实现途径

鉴 定 意 见

安徽省科学技术厅于2005年5月15日在合肥市主持了由中国科学技术大学、安徽省质量技术监督局等单位完成的“新型无焰燃烧技术在煤改气及燃气工业锅炉中的研究与应用”项目鉴定会。与会专家认真听取了项目组的研究报告，审阅了鉴定资料，参观了示范工程现场，经过充分讨论，形成以下鉴定意见：

一、该项目完成了计划任务，提供的资料齐全，符合鉴定要求。

二、主要创新点如下：

- 1) 与传统的方法和技术相比，空气进入锅炉之前不需要预热而实现无焰燃烧；
- 2) 成功地将燃气锅炉中以对流为主的换热方式转化为以辐射换热为主的热交换方式，强化了炉内换热过程；
- 3) 搅拌反应器使炉内温度分布均匀，有利于降低NO_x的排放和增强锅炉的安全运行。

三、先进性主要体现在：

- 1) 尾气排放NO_x浓度小于100ppm，CO浓度小于10ppm，远低于国家规定的排放标准；
- 2) 热效率达到92%以上，高于同类型、同吨位燃气锅炉热效率。

四、应用领域和应用前景：

本项技术可应用于现有燃煤工业锅炉的煤改气工程，为更加节能、更具环保的燃气工业锅炉提供了新的实现途径，具有显著的经济效益、社会效益和环境效益。

综上所述，该项研究填补了国内空白，其技术水平国内领先，部分技术达到国际先进水平。

建议该项目成果要继续扩大应用领域，不断进行完善化研究。

鉴定委员会主任：童有武 副主任：金巨年
2005年5月15日

● 常温空气无焰燃烧的应用



燃烧室照片：天然气流量 $90\text{m}^3/\text{h}$ 和 $100\text{m}^3/\text{h}$



燃烧室照片：天然气流量 $115\text{m}^3/\text{h}$ 和 $130\text{m}^3/\text{h}$

● 燃煤锅炉改烧天然气

- 芜湖市窑炉改造项目
- 马鞍山丰源公司煤改气项目
- 正在与马鞍山市、芜湖市洽谈燃煤锅炉改烧天然气

在 2t/h (0.7MPa) 的燃煤锅炉上实现天然气常温空气无焰燃烧，热效率比同类型（燃气）锅炉提高4%以上（达到92%）， NO_x 、 CO 、温度场、容积热负荷等都具有高温空气无焰燃烧的特点



目标与计划

- 研究目标为：

- 在冶金、工业窑炉、水泥、玻璃、有色金属、锅炉等行业，采用常温空气或高温空气无焰燃烧技术，实现节约能源、降低污染的目的。

- 总的计划是：

- 用5~10年时间，将常温空气无焰燃烧技术应用于各种类型的燃烧设备中，使设备的：
 - 平均节能效果达到15%以上
 - NOX等污染物排放水平降低20%左右
 - 燃烧设备体积降低10%左右

● 专利:

- 一种新型燃气或燃油锅炉 (2005年5月)
- 一种采用稀薄-无焰燃烧方式的燃气或燃油锅炉 (2005年12月)

● 论文:

- 常温空气无焰燃烧中 NO_x 生成机理的研究 (环境科学)
- 常温空气无焰燃烧过程中CO变化历程研究 (热能动力)
- 常温空气无焰燃烧反应区结构的研究 (Journal of Power & Energy)
- 常温空气无焰燃烧在煤改气锅炉中的应用 (热能动力)
- 无焰燃烧锅炉水循环数值模拟研究 (特种设备安全)

空间（放热）燃烧

- 主要特征：
 - 化学反应在整个燃烧室空间进行
 - 较小的温度梯度与浓度梯度
 - 燃烧噪音小
- 主要实现方式：
 - WSR（理想状态）
 - 多孔介质燃烧
 - 油膜燃烧、控制始燃量
 - 高温空气无焰燃烧
 - 常温空气无焰燃烧

RETURN

● 炉灶

- 提高热效率20%
- 降低CO、NO_x、n-C_mH_n排放
- 市场潜力巨大



● 小型热水器

- 热效率达到96%以上
 - 目前热水器行业的入市标准84%
 - 92%属于节能产品
 - 96%属于国家优质产品
- NO_x、CO等污染物排放比目前技术降低20%以上
- 技术上完全可以实现96%的热效率
 - 水温比2吨锅炉低100℃，效率应提高4%，96%以上
 - 可达到国家优质产品

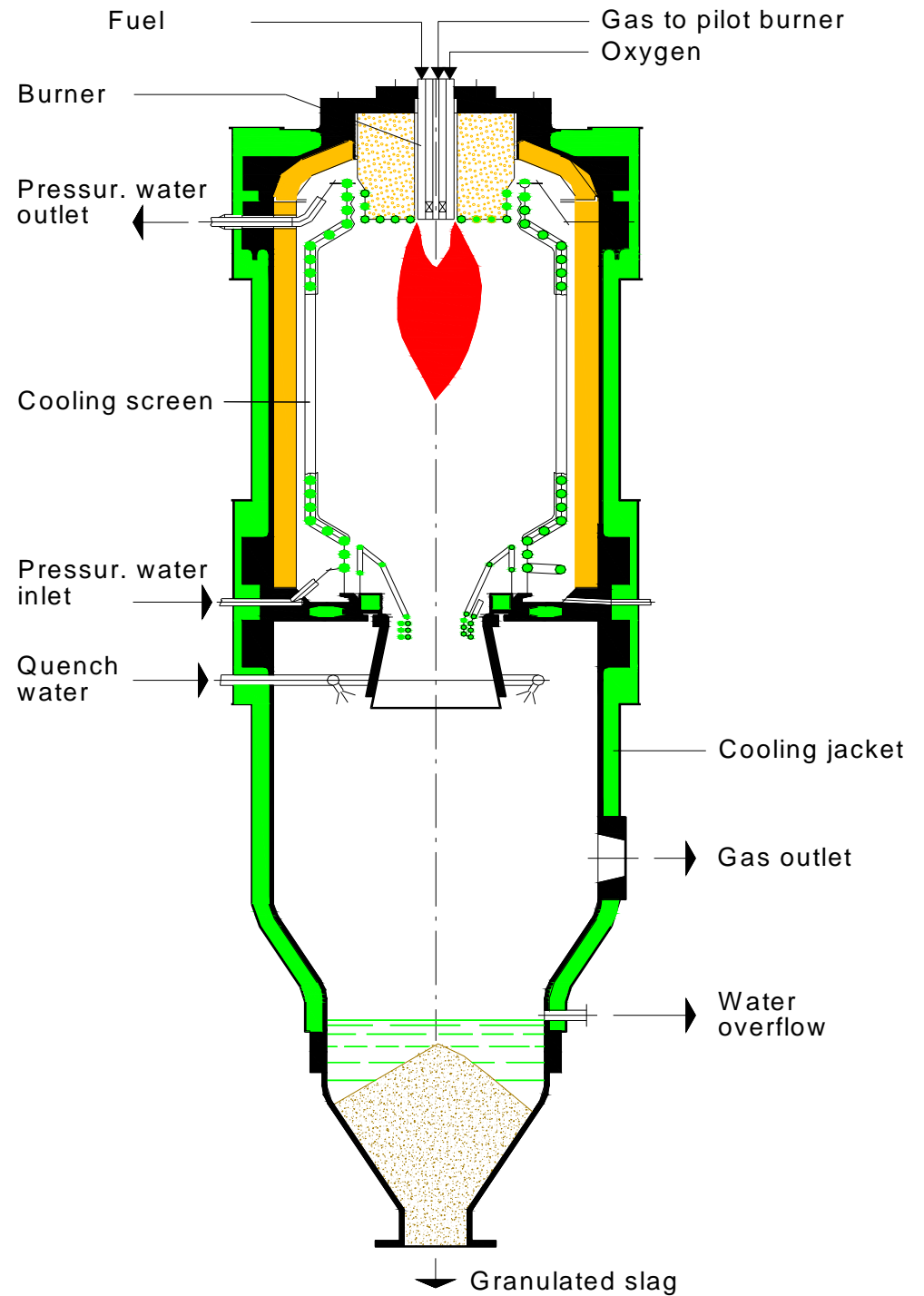


RETURN

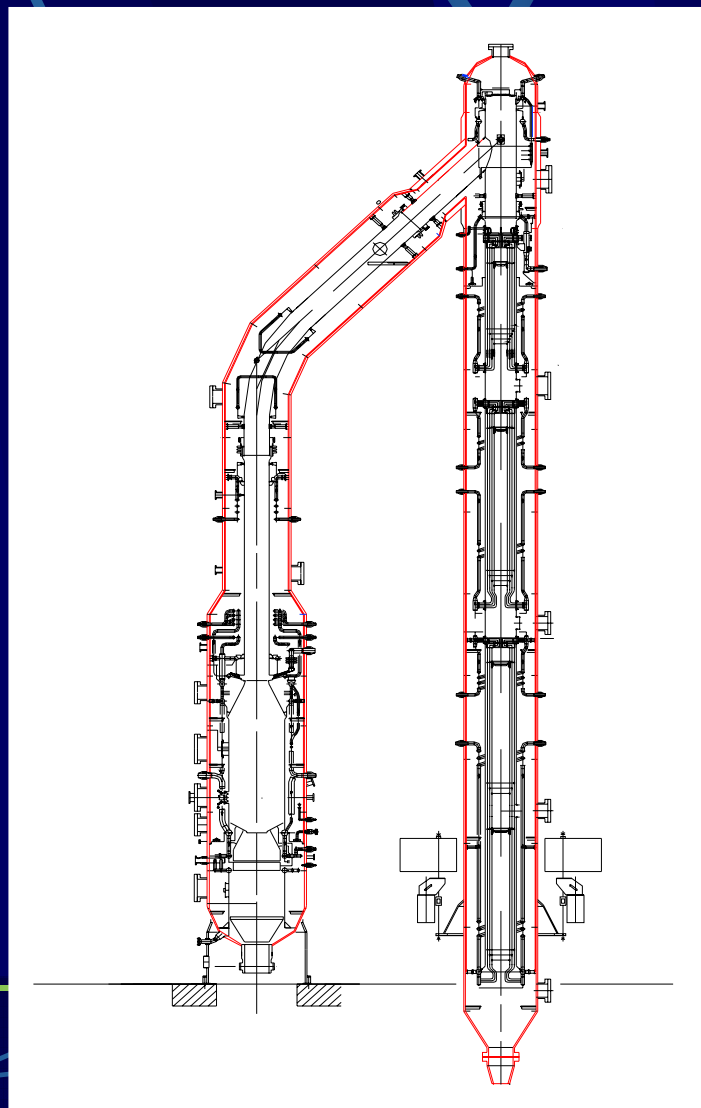
粉煤高效气化技术

● 煤炭气化技术

● GSP气化炉

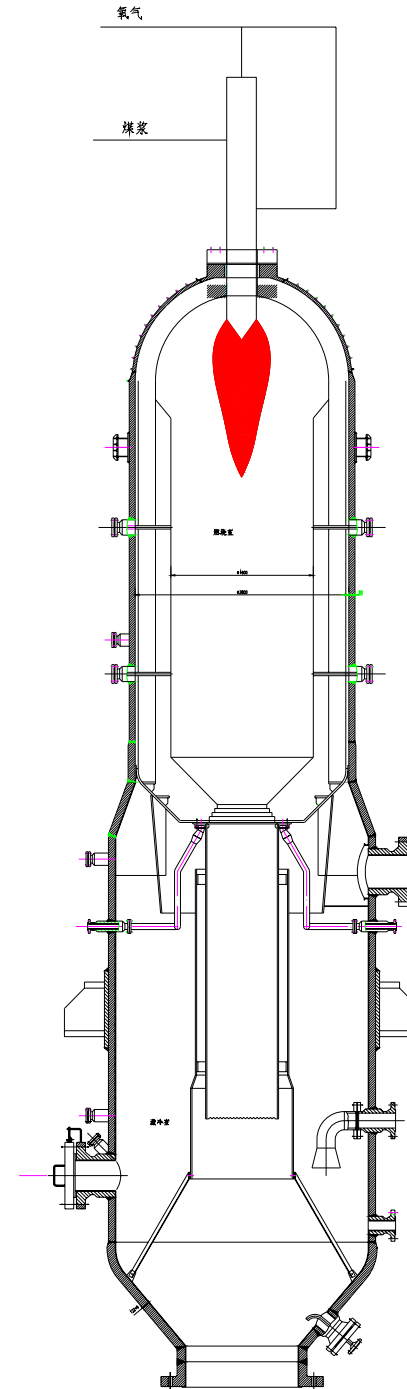


SHELL 气化炉



水煤浆气化炉

- 三种气化技术的特点
- 气化温度高
- 气化压力高
- 氧耗、煤耗低
- 环境友好



● 我们的设计思想

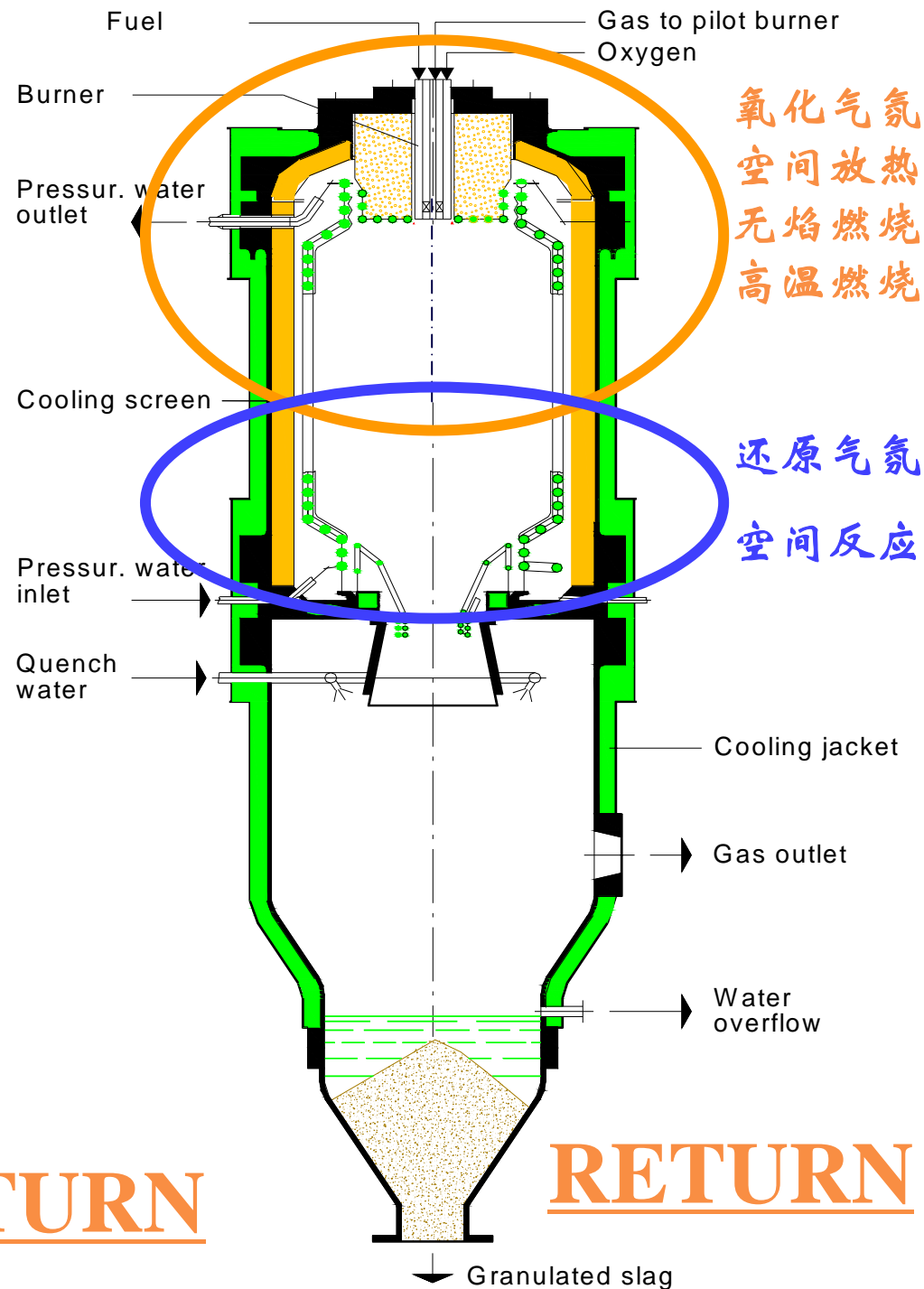
● 与GSP炉的区别:

- 空间放热
 - 增加反应时间
- 超焓燃烧
 - 能量循环
- 高温无焰燃烧
 - 强化反应过程
 - 减小温度梯度

● 科学问题

- 工况优化
- 气化效率
- 煤种适应性
- 液态排渣
- 热量再循环

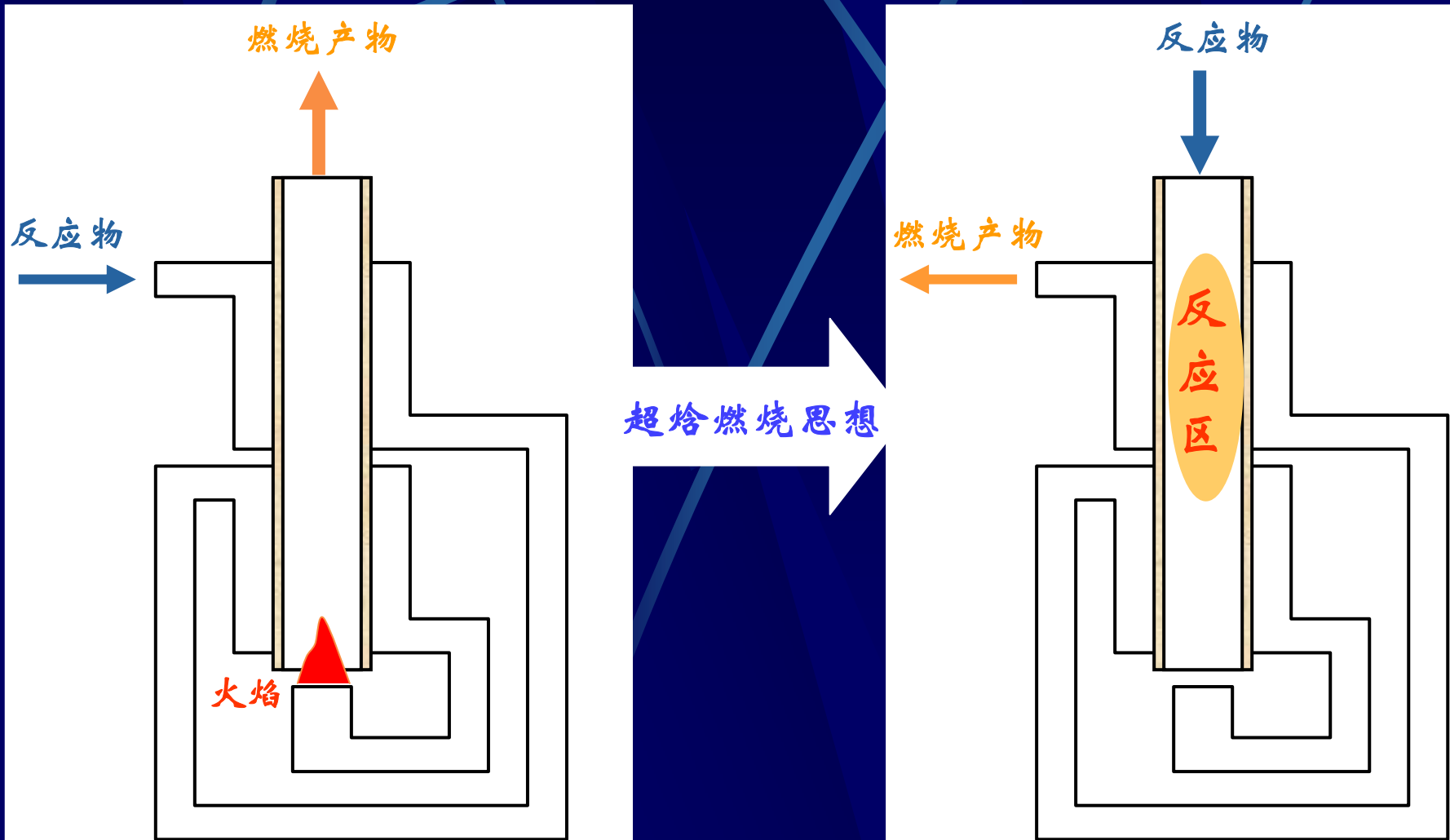
RETURN



RETURN

Granulated slag

● 生物质高温燃烧发电技术



RETURN

- 加热炉:

- 化工设备

- 科学问题

- 作为反问题处理
- 均匀的热流分布
- 流动过程
- 空间放热无焰燃烧
- 节能20%以上
- 污染物排放降低20%

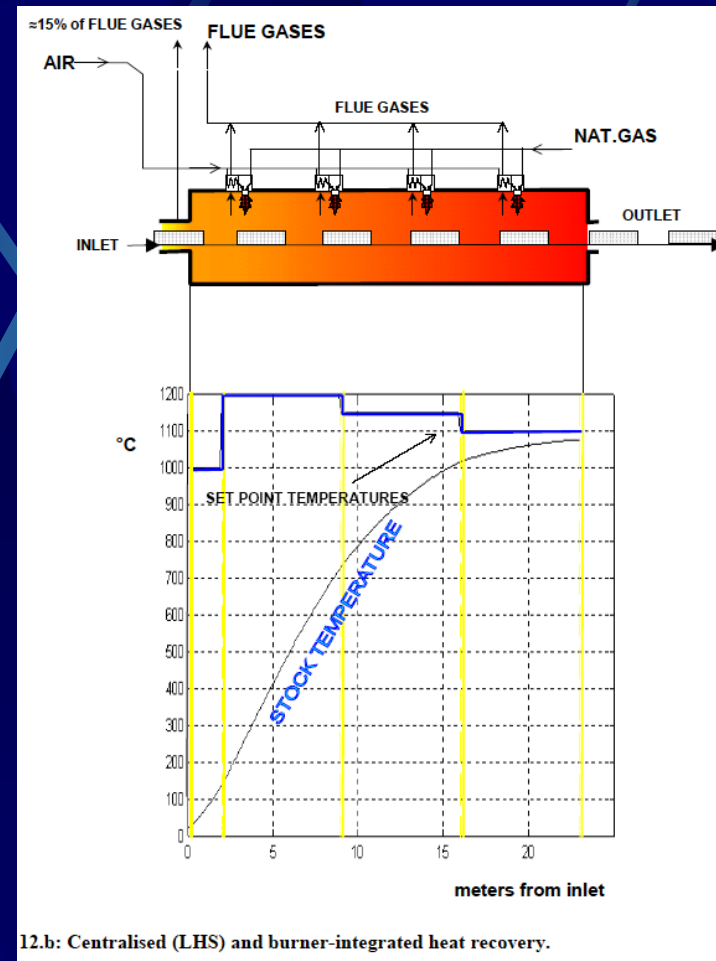


RETURN

联苯加热炉

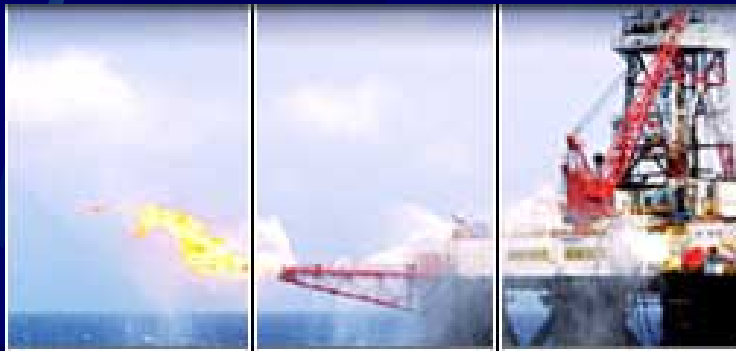
● 工业窑炉:

- 提高热效率20%
- 节约能耗20~50%
- 设备尺寸减小20%以上
- 降低NO_x等污染物排放20%以上



RETURN

- 油田、炼厂火炬：
 - 必须的设备之一
- 科学问题：
 - 火焰稳定
 - 污染物排放
 - 外部环境干扰（8级风）



● Ventilation Air Methane (VAM)

● 意义:

- 减少温室气体排放
- 节约能源, 废物利用

● 特点:

- **VAM甲烷浓度约 0.5%~0.7%**
 - 反应物预热到1000°C以上稳定燃烧, 提高热力循环效率
 - 燃烧产物温度可提高125°C (**0.5%**)

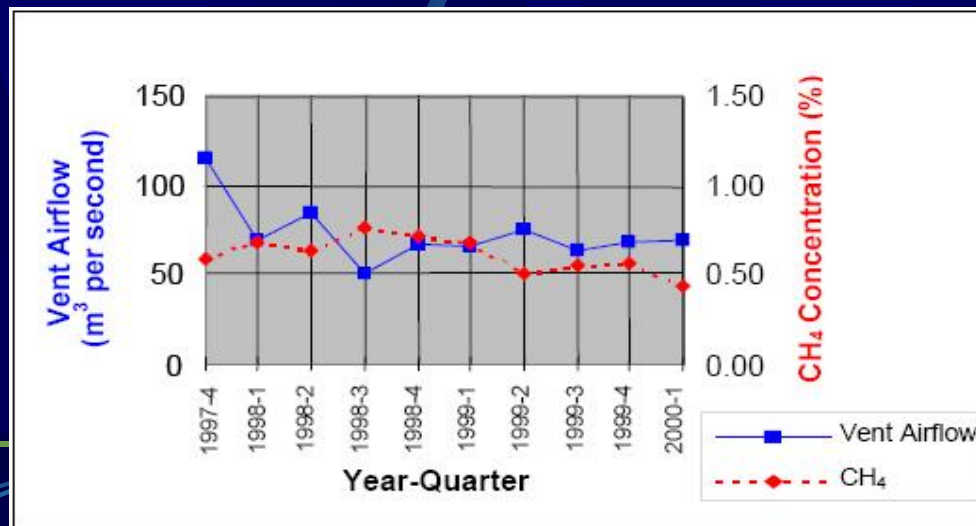


图6 美国某典型煤矿的通风流量和瓦斯浓度

VAM燃烧的方法:

- 超焓燃烧
 - (Swiss Roll, 热量再循环)
- 多孔介质

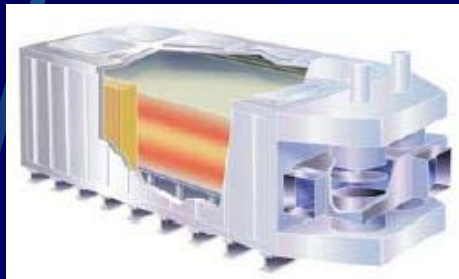
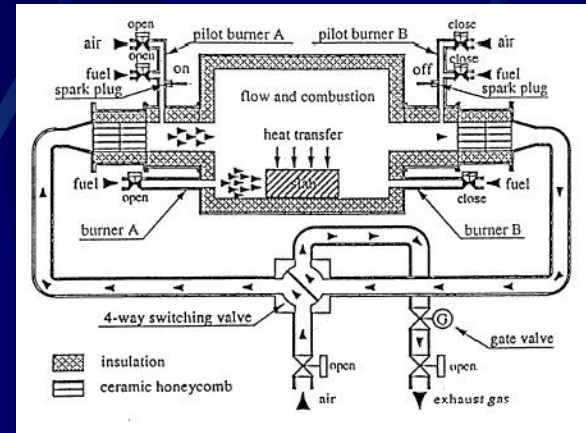
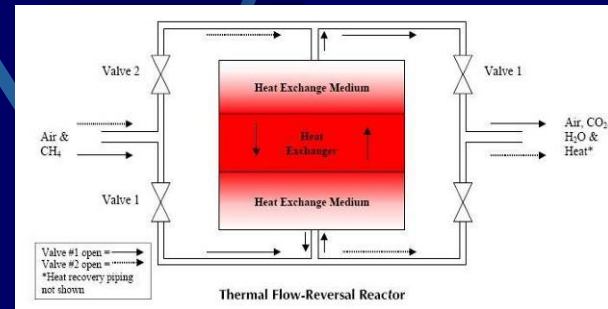


图3) TFRR结构图 (MEGTEC)



高温空气燃烧HTAC原理示意图



热流反转反应器TFRR原理示意图

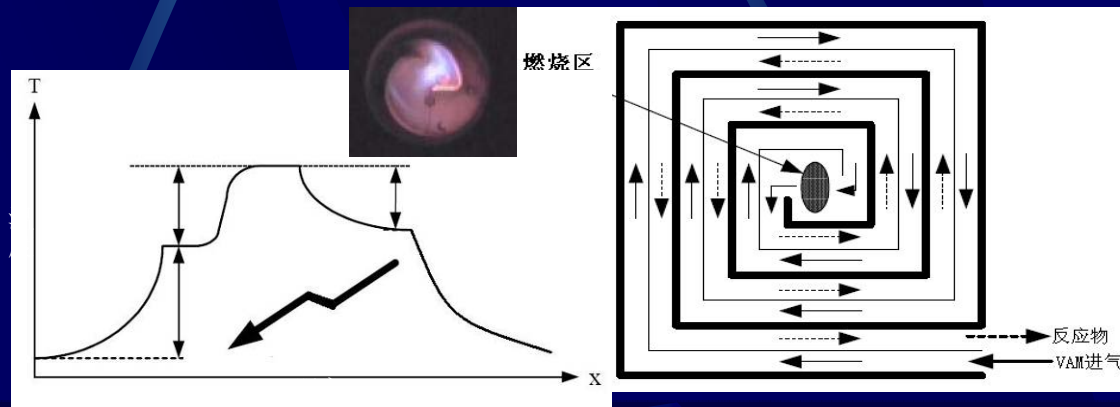


图4) VAM燃烧的技术方案

● 科学问题:

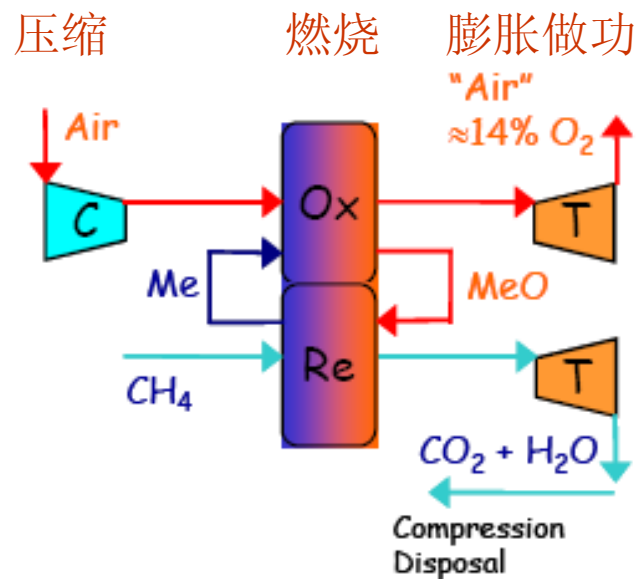
- 污染物控制
- 温度与火焰稳定的临界浓度的关系
- 系统温度控制
- 耐火材料的选用
- 系统热计算
- 能量的利用

RETURN

Chemical Looping Combustion

- 化学链燃烧的目的：
 - 降低 NO_x
 - 反应温度低
 - Capture CO_2
 - 使 CO_2 和 H_2O 在一起排放，没有 N_2 ，易于贮存

Chemical Looping Combustion (CLC) is to split combustion of natural gas into separate oxidation and reduction reactions by introducing a suitable metal oxide as an oxygen carrier to circulate between the two reactors.



The Chemical Looping Combustion principle

The oxide is reduced to metal in the presence of hydrocarbons, and reformed by oxidation with air. The reaction for methane and a metal oxide can be formulated as follows:



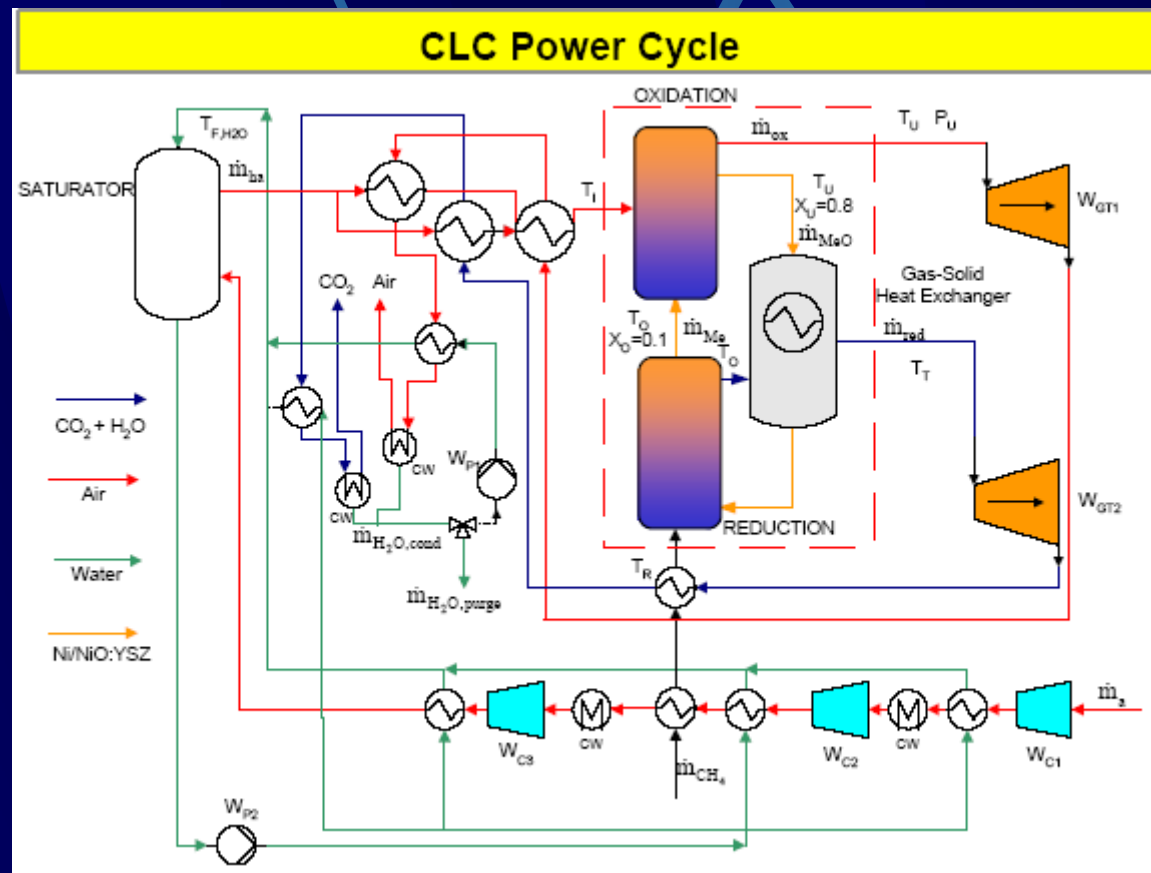
The oxidation is highly exothermic: $\Delta H_{\text{OX}} = -959 \text{ kJ/mol}$

The reduction reaction is endothermic: $\Delta H_{\text{RED}} = 156 \text{ kJ/mol}$

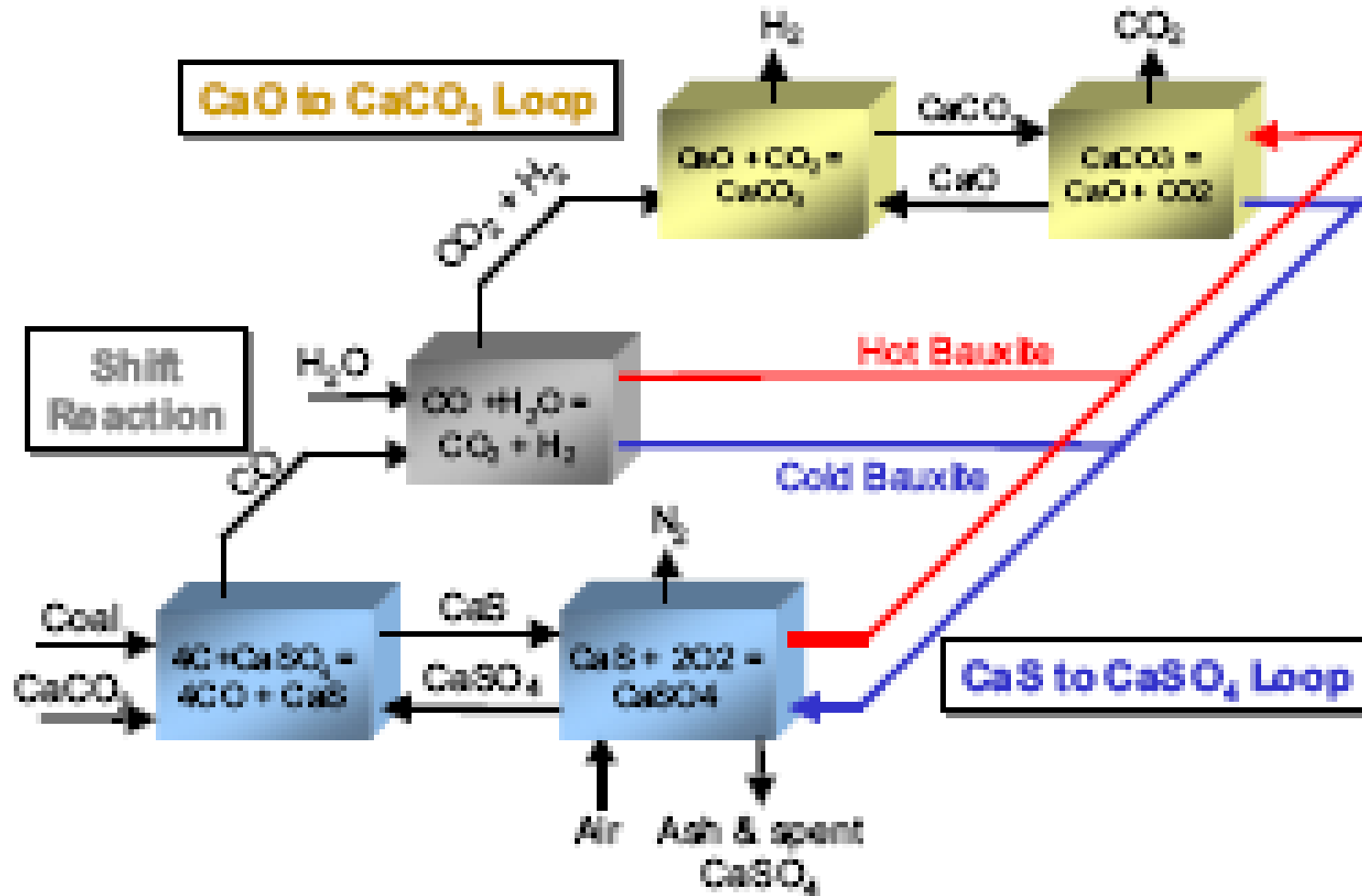
CLC is a method for reducing the exergy loss associated with the highly irreversible combustion of a fuel.

Formation of NO_x is also very low by virtue of the relatively low temperature conditions in the reactors.

化学链燃烧的动力循环



CaS到CaCO₃的化学链过程



Advanced Chemical Looping Process

化学链燃烧工艺流程

Separation and Capture Highlights *Dry Regenerable Sorbents*

Sodium carbonate used as a dry regenerable sorbent to capture CO₂

Advantages

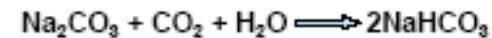
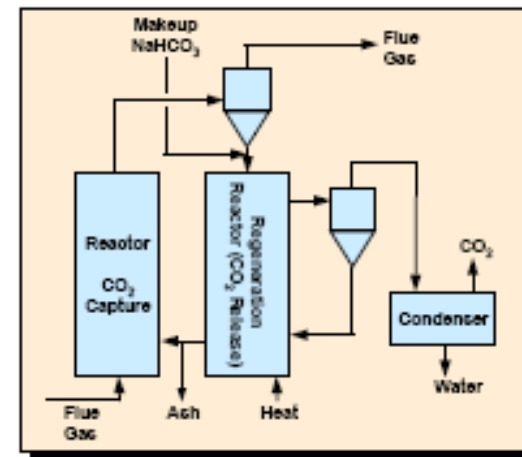
- Improved CO₂ Capacity
- Reduced Regeneration Energy
- Compatible with current power plant operating conditions (retrofit)

Barriers

- Continuous Solids Circulation
- Contaminants (SO₂, Particulates)

Project Status

- Bench-Scale Testing/Optimizing Designs



Participants: RTI, LSU, Church & Dwight

GCEP - JPC - 4/27/04

● 科学问题

- 金属材料的寿命与成本
- 系统的热物理问题
- SO₂的污染
- 系统工艺的优化
- 氧化反应与还原反应的停留时间
- 固体的循环
- 反应器尺寸的确定
- 循环系统的设计
- 热力循环

CLC

CLC

SOFC

全国燃烧节能减排
标准化技术委员会

TO

● 研究内容与科学问题:

- 热物理问题
 - 不可逆过程
 - 传热、流动、优化
- 极端条件下的材料制备
 - 强磁场
 - 高温、高压
- 系统热管理
 - 热效应
 - 热控
- 燃烧器 (**After Burner**)
 - 低热值燃料燃烧

FUEL CELL

RETURN

<http://combustion.ustc.edu.cn/>

end