



# 发展物理加工实现煤炭清洁利用

演讲人：方刚

陕西煤业化工集团有限责任公司

2015年8月25日  
美国 比灵斯

# 目 录

1

煤炭清洁发展的目的及意义

2

煤炭清洁利用的途径

3

煤炭物理加工技术及应用

4

煤炭物理加工产业前景

5

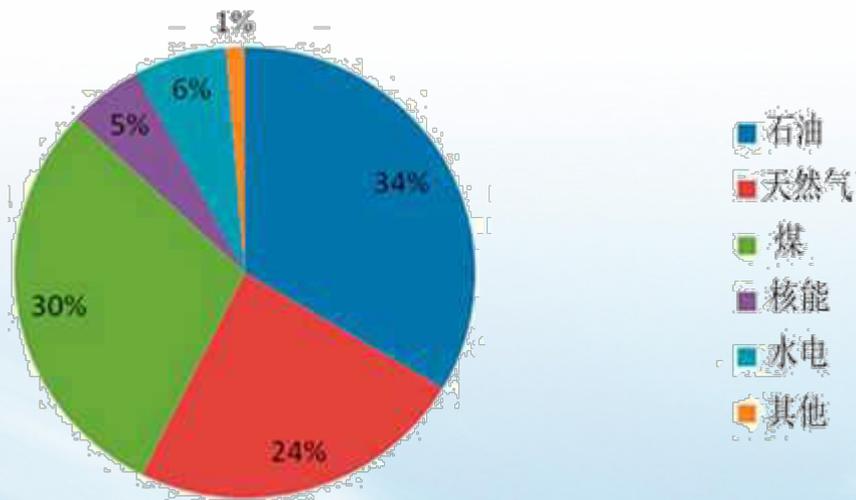
煤炭物理加工的多元化融合发展

# 第一章

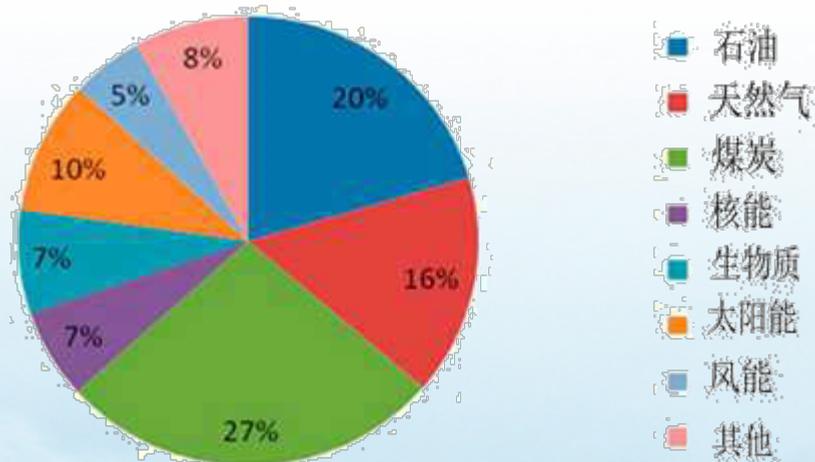
## 煤炭清洁发展的目的及意义

# 煤炭在全球能源结构中的比例

## ■ 2014年



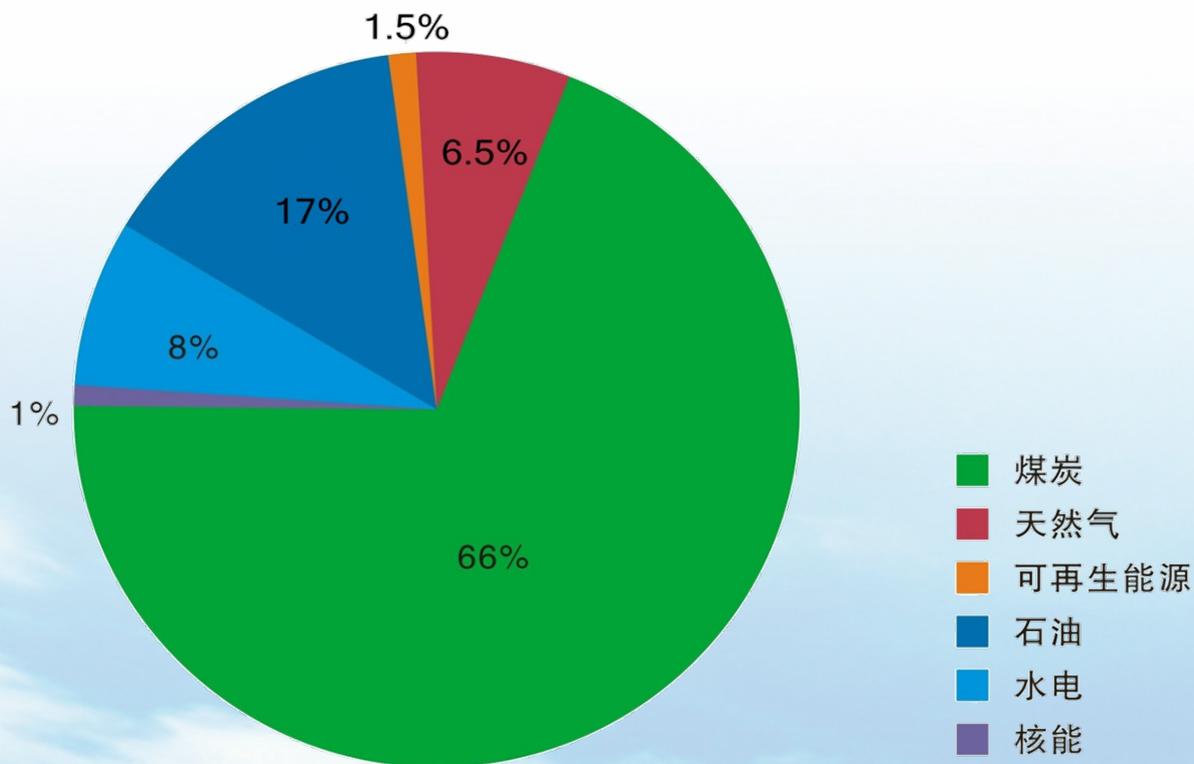
## ■ 2050年（预测）



可以看出，煤炭占比将由2014年的30%下降至2050年的27%左右。但依然在世界能源结构中占据重要的主体地位。

# 中国能源现状

## 2014年中国一次能源消费结构图



## 煤炭利用带来的负面效应

自1865年，煤炭行业得到了快速发展；特别是在第二次工业革命以来到上世纪中期，发达国家使用的煤炭量占比为同期全球使用煤炭量的70%以上，既发展了美欧等国的经济，同时各国也付出了极大的环境代价；自上世纪五十年代开始，美欧等国陆续开展了煤炭清洁发展的探索与实践，使煤炭使用与环境治理同步进行，我国在这方面进行着积极的探索与研究。



# 煤炭清洁利用是煤炭消费发展的方向

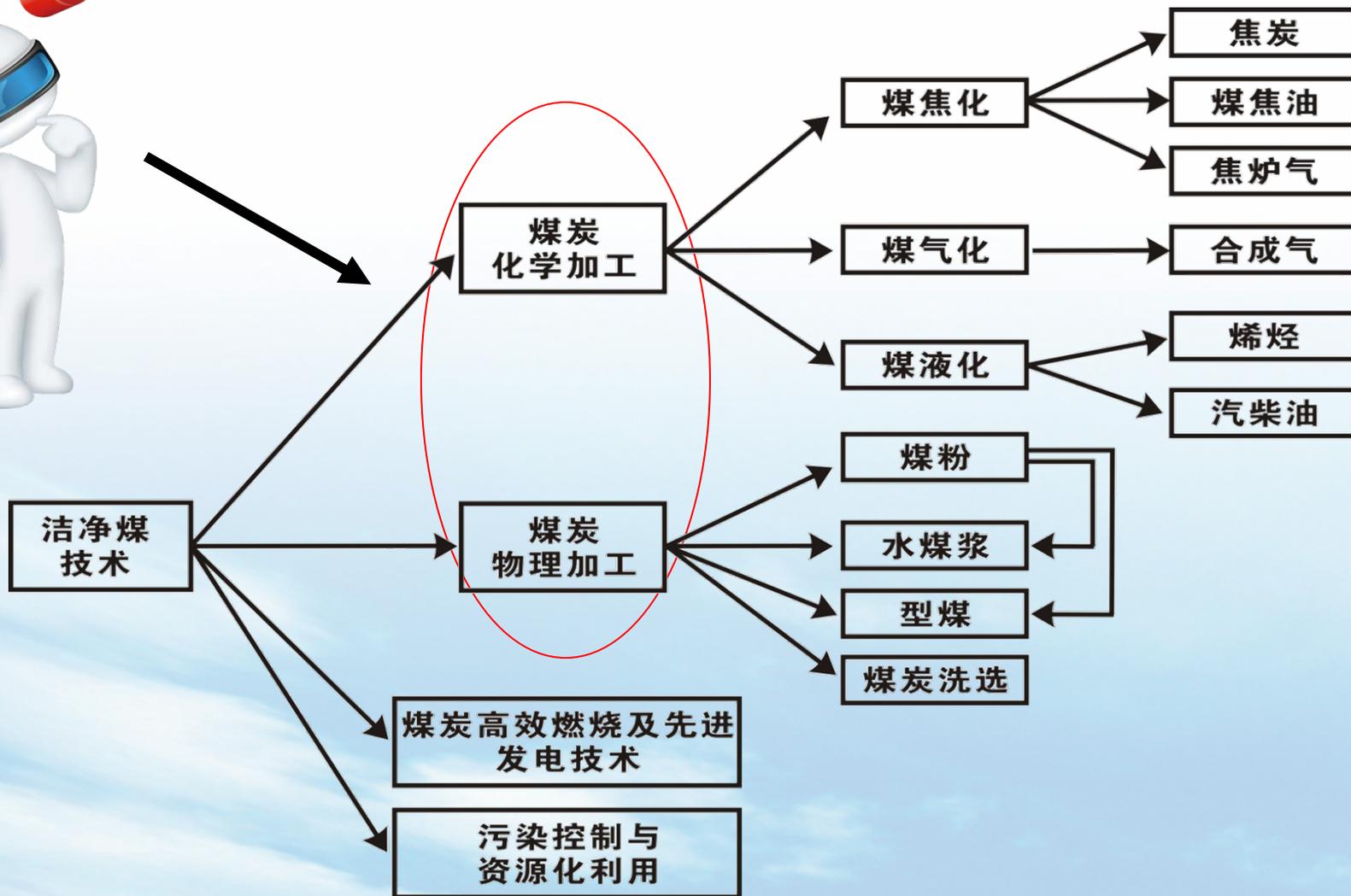


煤炭资源发展的根本就是要转变消费理念，改变煤炭消费模式，减少粗放型开发利用给环境生态造成的污染，最终让清洁高效利用成为煤炭消费发展的方向。

## 第二章

# 煤炭清洁利用途径

# 煤炭清洁利用的途径



## 第三章

# 煤炭物理加工技术及应用

## 3.1.1 煤粉技术的发展现状

中国

中国的中小型煤粉锅炉的发展已有近10年的时间，目前正在处于全面推广阶段，技术标准也在不断的制定完善当中

美国

以精细煤燃烧技术研究为主，通过煤粉燃烧方式对烟气中CO<sub>2</sub>回收技术可实现火力发电厂零污染的排放标准

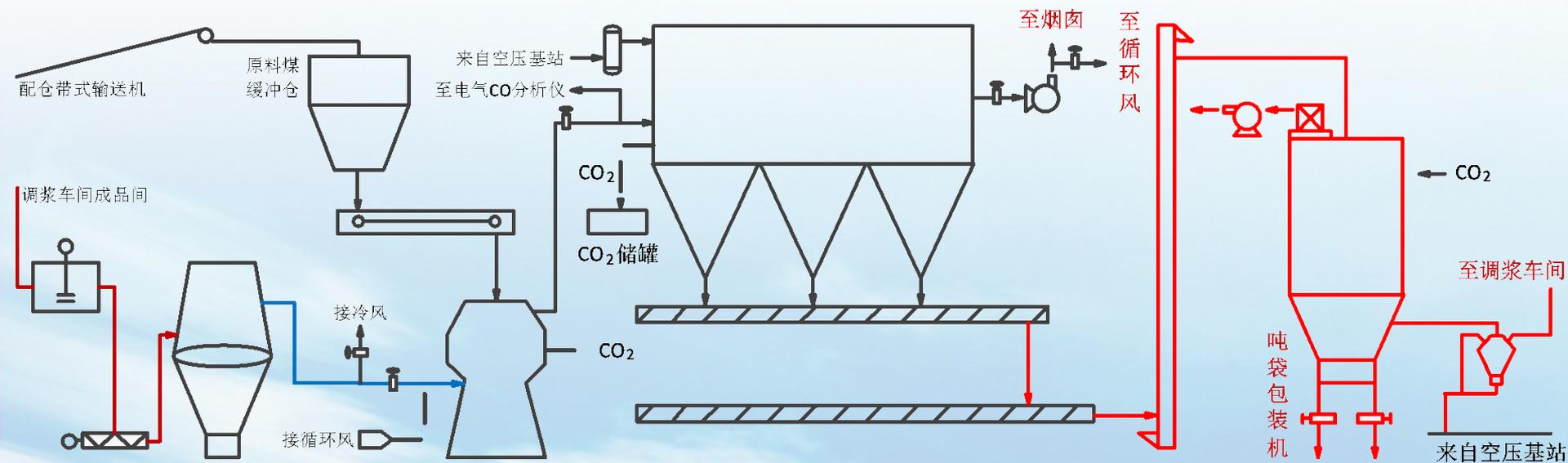
德国

德国拥有中小型高效煤粉锅炉的成熟技术，制定了煤标准、燃烧器标准、炉体标准等，形成了近百项发明专利

## 3.1.2 陕西煤业化工集团公司煤粉制备技术

煤粉是将原煤或洗选精煤根据用途磨制成不同粒度的微米级煤炭产品。根据用途不同，一些产品需要加入添加剂。

制粉工艺流程图



## 3.1.3 陕西煤业化工集团煤粉产品及应用

### 1. 中小型工业锅炉煤粉产品及应用情况：

#### (1) 产品特点

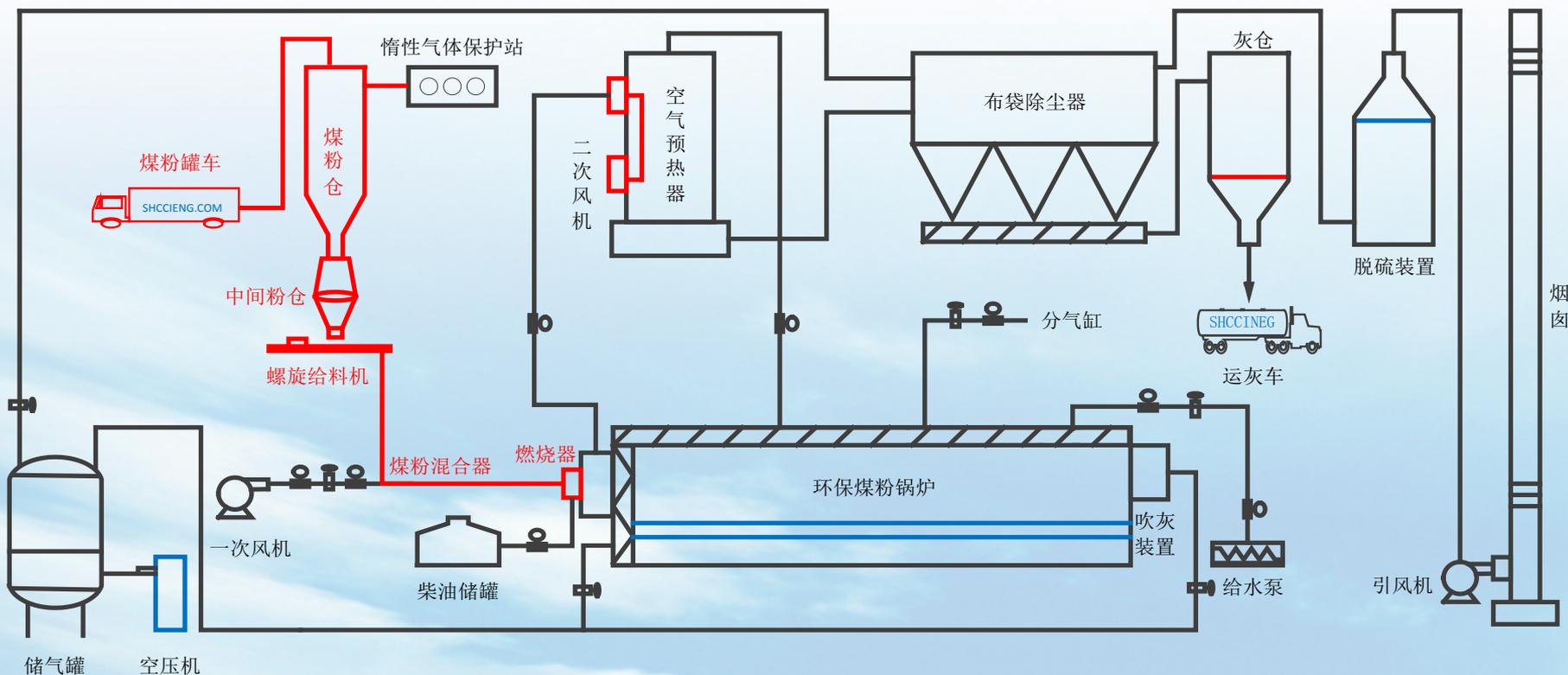
在充分脱灰的基础上，将煤研磨至200目以下的粉末状产品，磨制过程中添加一定比例的脱硫物质，从而实现高效燃烧、超低排放的洁净煤产品。其特点是节煤30%，在减少整体排放的基础上，通过添加脱硫物质减少SO<sub>2</sub>的初始排放；通过煤粉悬浮燃烧及温度控制减少NO<sub>x</sub>的初始排放，减少烟气处理的难度和运营成本。

## 3.1.3 陕西煤业化工集团煤粉产品及应用

### (2) 使用情况及相关技术

使用载体是10-100t/h中小型工业锅炉。主要用于煤粉锅炉燃烧，生产的蒸汽（水）用于纺织、制药、供热等企业以及城市供暖。

煤粉锅炉系统示意图



## 3.1.3 陕西煤业化工集团煤粉产品及应用

### (3) 使用效果：洁净煤燃烧方面的特性

使用的煤粉锅炉热效率**90%以上**，煤粉的燃烬率**98%**。

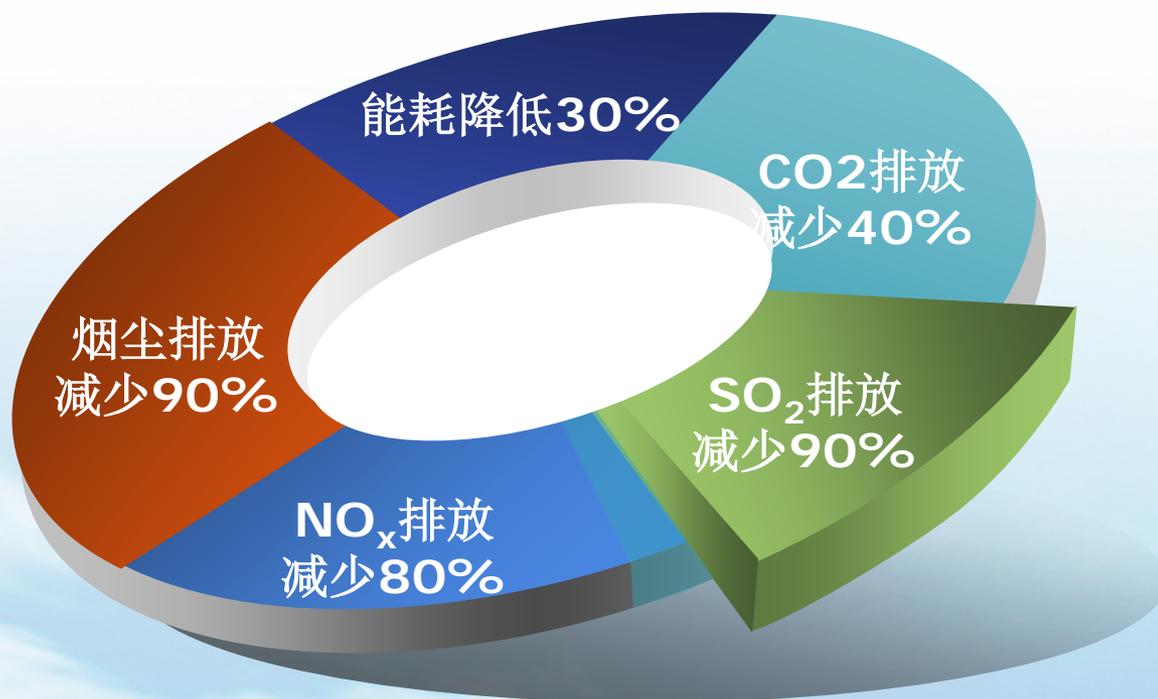
- **NO<sub>x</sub>排放低**：低温燃烧，NO<sub>x</sub>生成量较其他燃烧方式减少**30%左右**。
- 储存及运输**清洁化**。

中国《锅炉大气污染物排放标准》与煤粉锅炉实测排放数据对比

污染物项目	限值			实测煤粉锅炉 排放指标
	原煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	
颗粒物	50	30	20	<b>10~30</b>
二氧化硫	300	200	50	<b>30~100</b>
氮氧化物	300	250	200	<b>≤150</b>
烟气黑度(级)	≤1			<b>&lt;1</b>

## 3.1.3 陕西煤业化工集团煤粉产品及应用

### (3) 综合效果:



煤粉燃烧技术比原煤燃烧技术更节能、更环保

## 3.1.3 陕西煤业化工集团煤粉产品及应用

### 2. 高炉喷吹煤粉:

#### (1) 产品特点

针对不同钢铁企业高炉喷吹对煤质的要求，采用烟煤与无烟煤配比以及烟煤与兰炭沫配比，研制出高炉喷吹专用煤粉，可部分或全部代替无烟煤。

采用无烟煤配比的高炉喷吹煤粉指标

全水	内水	灰分	挥发分	低位发热量	硫	200目过筛率
4.91%	2.13%	16.18%	16.84%	6281kcal/kg	0.32%	86%

采用兰炭沫配比的高炉喷吹煤粉指标

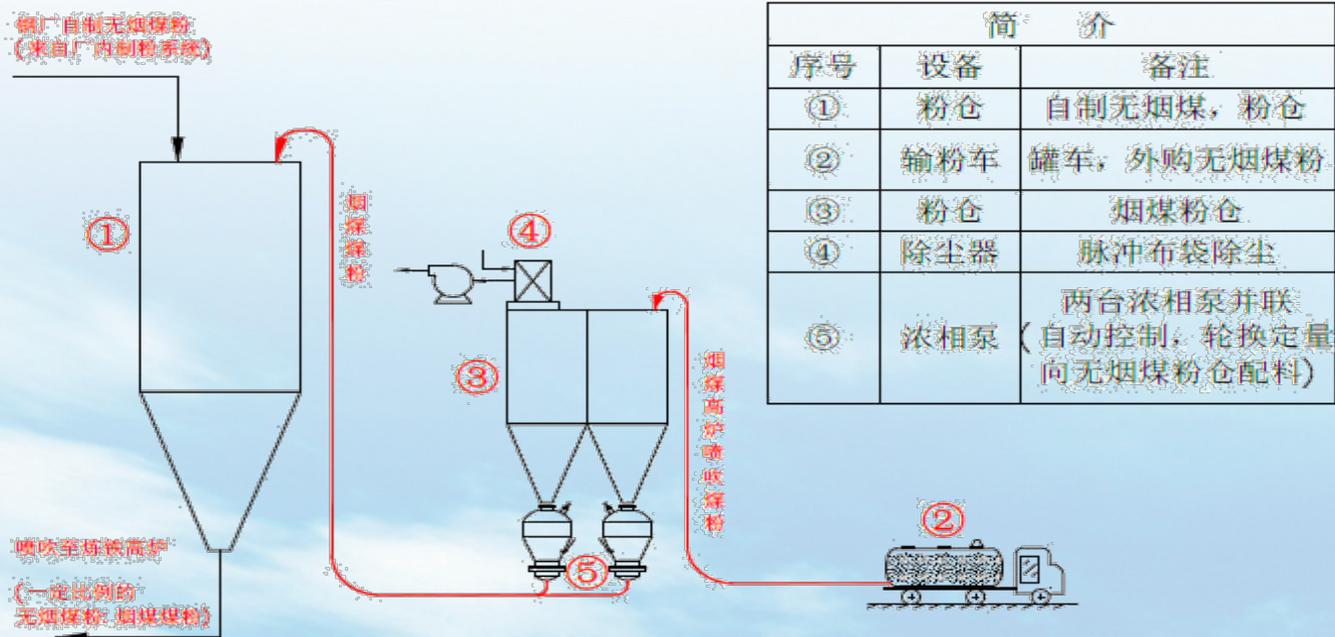
全水	内水	灰分	挥发分	低位发热量	硫	200目过筛率
4.23%	3.68%	7.96%	24.15%	6989.7 kcal/kg	0.35%	87%

## 3.1.3 陕西煤业化工集团煤粉产品及应用

(2) 使用情况及辅助技术：主要用于钢铁企业高炉。

钢厂高炉喷吹煤粉配烧流程图

无烟煤粉：烟煤煤粉



## 3.1.3 陕西煤业化工集团煤粉产品及应用

### (3) 使用效果

可以代替一部分焦炭，易于燃烧，易于被高炉接受，产生的煤气的还原能力强，有利于间接还原的发生，有利于使用高风温和富氧。可以节能和降低炼铁成本。同时为煤化工副产品兰炭沫的利用找到了一条新途径。

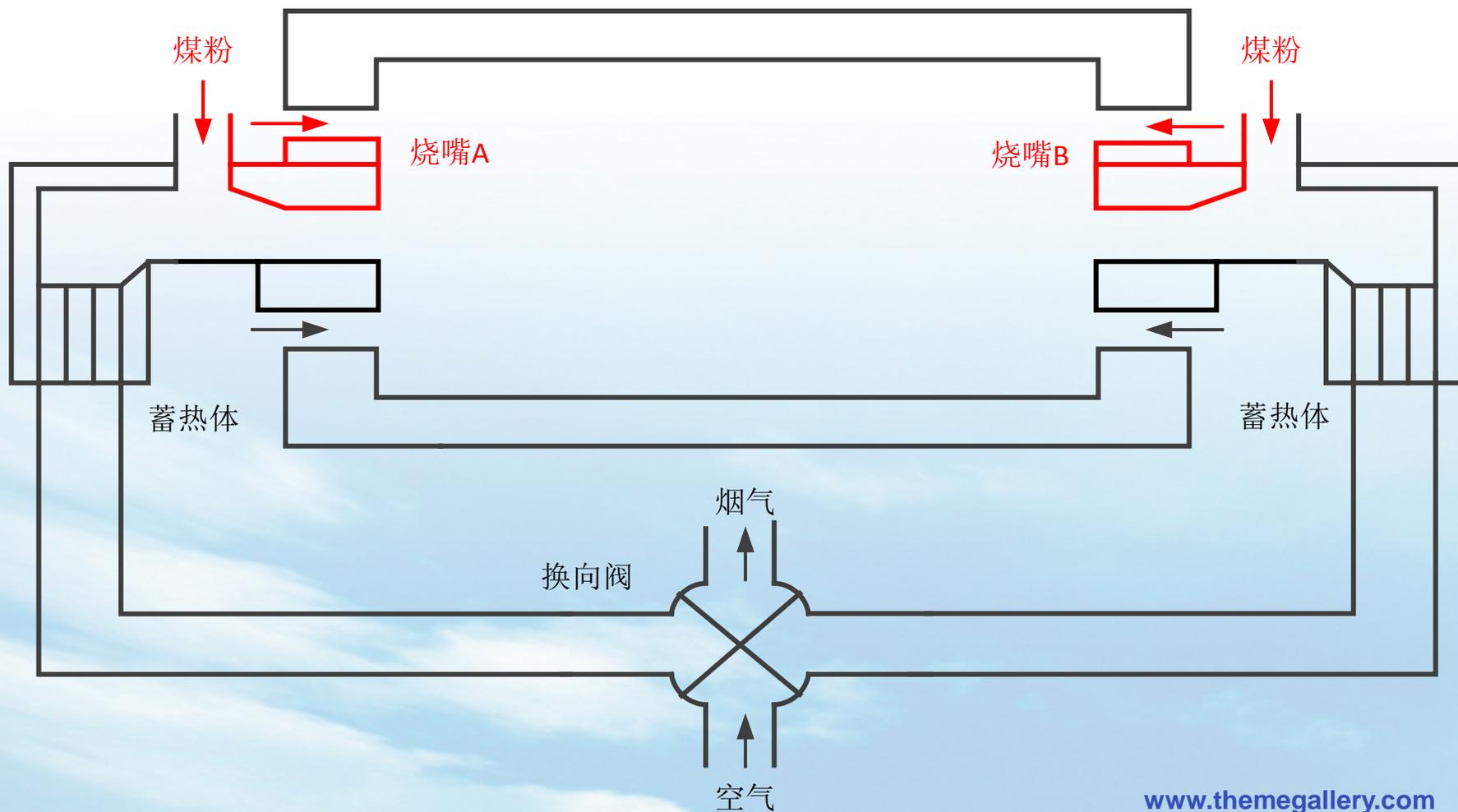
## 3.1.3 陕西煤业化工集团煤粉产品及应用

### 3. 工业窑炉煤粉

- (1) 产品特点：对一些使用煤气的工业窑炉，提出用煤粉替代煤气的改造方案，并制备出针对性的煤粉。
- (2) 使用情况：应用于镍铁窑炉、沥青搅拌加热等。
- (3) 使用效果：工业窑炉使用煤粉后，节能35%，提高了煅烧温度和燃烧效率，可以随时调整喷粉量，温度可按要求及时调整，整个过程易于控制，排放比煤气少，更环保；未烧尽煤粉会和原料进行二次反映，促进还原反应的发生。可降低煅烧成本。

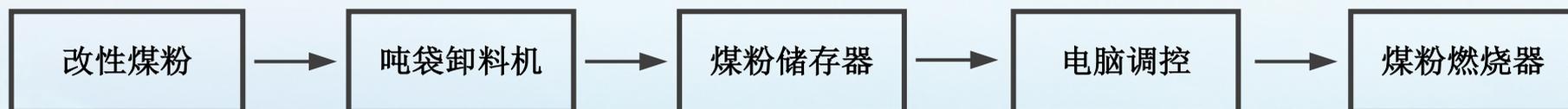
### 3.1.3 陕西煤业化工集团煤粉产品及应用

工业窑炉节能原理示意图



## 3.1.3 陕西煤业化工集团煤粉产品及应用

### 沥青搅拌加热示意图



## 3.1.3 陕西煤业化工集团煤粉产品及应用

### 4. 煤粉合成生物质燃料

- (1) 产品特点：以煤粉和木糠为原料，制成复合生物质颗粒燃料，该复合燃料的燃烧速率随木糠加入量的增加而加快，并且在木糠加入量一定的情况下，复合燃料的燃烧速率随鼓风量的增大而加快，复合燃料的燃烧温度达到峰值温度的时间随着木糠加入量的增加而缩短，木糠在一定程度上改变了复合燃料的燃烧性能。
- (2) 使用情况：生物质燃料锅炉。
- (3) 使用效果：（见下表）

## 3.1.3 陕西煤业化工集团煤粉产品及应用

### 生物质燃料与复合燃料的特点对比

比较项	生物质颗粒燃料	复合燃料
低位发热量 (kcal/kg)	3800	4600
挥发分	80%	58%
固定碳	17%	33%
水分	9%	10%
硫份	0.05%	0.12%
灰熔点 (°C)	1000	1200
燃料供应的稳定性	不稳定	稳定

### 生物质燃料与复合燃料的排放指标对比

比较项	生物质颗粒燃料	复合燃料
烟尘 (mg/m <sup>3</sup> )	55	30
二氧化硫 (mg/m <sup>3</sup> )	0	0
氮氧化物 (Nn/mg <sup>3</sup> )	200	300

## 3.2.1 水煤浆技术的发展现状

### 1. 国际水煤浆技术的发展情况

水煤浆技术因20世纪70年代石油危机而兴起的技  
术，起源于苏联，后来美国、法国、意大利、德国、瑞  
典等国家相继投入研发力量开发各种水煤浆技术，目前  
国外此项技术已成熟，并进入普遍应用时期。

### 2. 中国水煤浆技术的发展情况

中国水煤浆技术的研究始于80年代初，经过  
几十年的研究开发，技术业已成熟，并进入工业应用  
阶段，燃烧用浆已达3000万t/a以上，气化用浆已达到  
8000万t/a以上。

## 3.2.2水煤浆制备技术路线

### 水煤浆制备工艺：

一是将煤、水及添加剂同时按比例入磨，直接磨制成水煤浆的湿法制浆工艺；

二是先将煤磨成粉，然后在使用地加水及添加剂调制为水煤浆的干法制粉、湿法调浆工艺。

## 3.2.2 水煤浆制备技术路线

湿法工艺目前已经很成熟，但要求入料浓度不能变动太大，而且还要求达到一定浓度，另外它对入料中的大颗粒及杂物控制较困难，并且中长距离的运输费用也会很大。而干法制浆工艺正好可以弥补这些缺点。

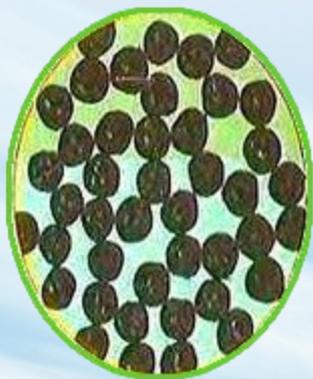
干法制浆工艺目前在中国应用较少，关键是存在稳定性差、级配难掌握等问题。目前陕煤已经解决了这方面难题。

## 3.2.3 陕西煤业化工集团干法制浆技术

### 改善和提高成浆性的方法—粒度级配

采用双峰级配技术，利用Alfred模型指导粗细煤粉搭配比例，使大小颗粒相互填充，提高了煤粉的堆积效率，从而使低阶煤的制浆浓度从60%提高到67%。

浓度67%、粘度1000 mPa.s的水煤浆煤粉堆积示意图



1号↑



2号↑



3号↑



4号↑



5号↑

## 3.2.3 陕西煤业化工集团干法制浆技术

表 1 不同粒度煤粉的分形特征

中位径/ $\mu\text{m}$	线性相关 系数 $R$	线性回归 斜率 $b$	分形维 数 $D$
6	0.97	0.84	2.16
29	0.98	0.77	2.23
90	0.99	0.75	2.25

分形维数值越大，堆积密度越高，成浆性越好

自然研磨的煤粉分形维数不超过2.3。

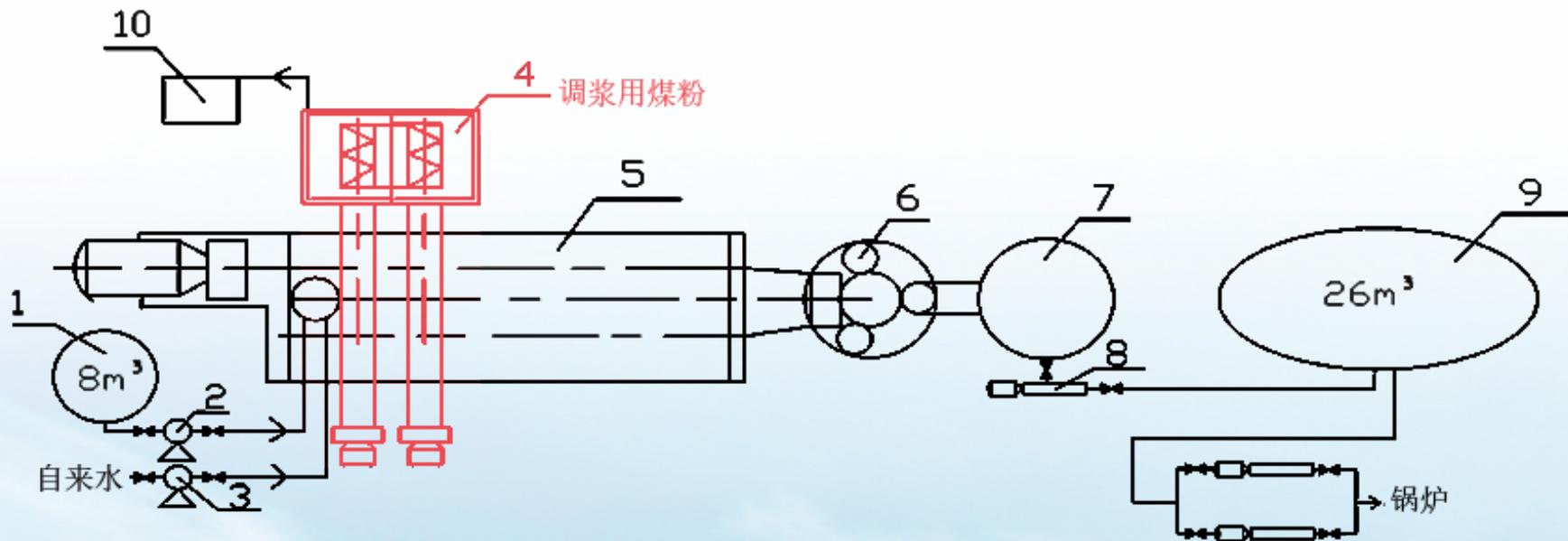
表2 级配煤粉的分形特征

级配煤粉	线性相关 系数 $R$	线性回归 斜率 $b$	分形维 数 $D$
Alfred 模型	0.99	0.39	2.61
R-R 模型	0.98	0.48	2.52
级配样品 1	0.96	0.49	2.51
级配样品 2	0.93	0.46	2.54

Alfred 模型和 Rosin-Rammler 两种级配模型与实际“双峰”级配后的煤粉分形维数都大于 2.5，普遍高于未级配的煤粉（分形维数小于 2.3）。

## 3.2.3 陕西煤业化工集团干法制浆技术

### 用户终端调浆系统示意图



标注:

- |          |         |        |          |
|----------|---------|--------|----------|
| 1 添加剂搅拌罐 | 2 添加剂泵  | 3 自来水泵 | 4 双螺旋给料机 |
| 5 制浆机    | 6 成浆机   | 7 浓浆搅拌 | 8 螺杆泵    |
| 9 储罐     | 10 布袋除尘 |        |          |

## 3.2.4 陕西煤业化工集团干法制浆应用

干法调浆工艺主要应用于：



环保要求严格



不允许建设煤粉厂



富水及工业废液较多



水煤浆运输成本高



异地煤粉厂

煤粉配送

就地调浆站

直接使用

解决用浆和  
废水处理难  
的问题

## 3.2.4 陕西煤业化工集团干法制浆应用

### 使用情况1: 工业废液或自来水调浆

利用煤粉和工业废液等制备水煤浆技术，解决企业的废液处理问题

使用效果：既解决了环境污染，又使其价值得到了合理利用，做到了“物尽其用、变废为宝，降低了水煤浆成本。”



## 3.2.4 陕西煤业化工集团干法制浆应用

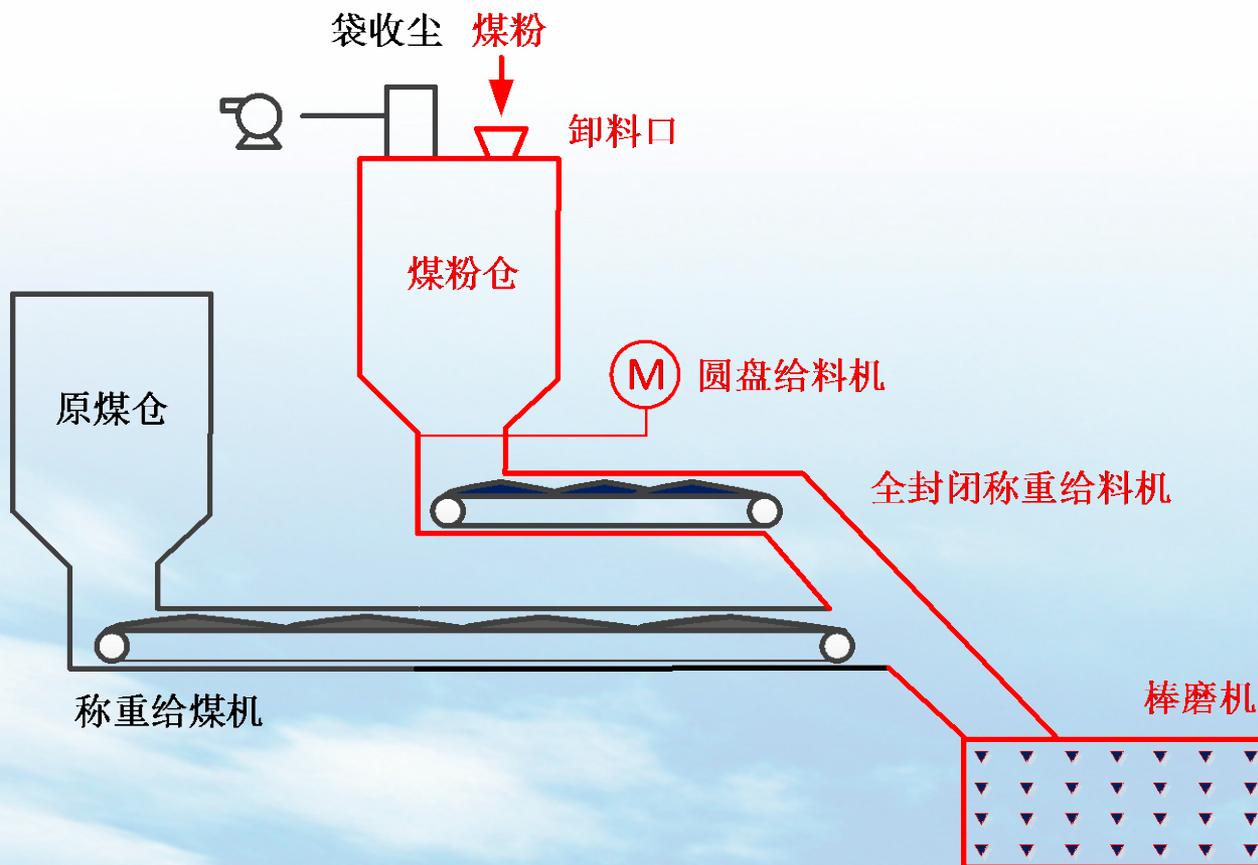
### 使用情况2

#### 化工用水煤浆提浓

- (1) 该产品特点是由不同粒径的煤粉级配混合而成，可添加于湿法制浆过程之中，提高化工用水煤浆浓度。
- (2) 使用情况：应用于煤化工企业
- (3) 应用效果：能把湿法制浆的浓度从60.7%提到到64.9%，浓度提高4.2%，将气化水煤浆产生的有效合成气（CO+H<sub>2</sub>）比率从79%提高到82%，提高了3%。

## 3.2.4 陕西煤业化工集团干法制浆应用

### 化工提浓煤粉添加工艺示意图



# 3.3.1 陕西煤业化工集团煤粉及制浆技术成果

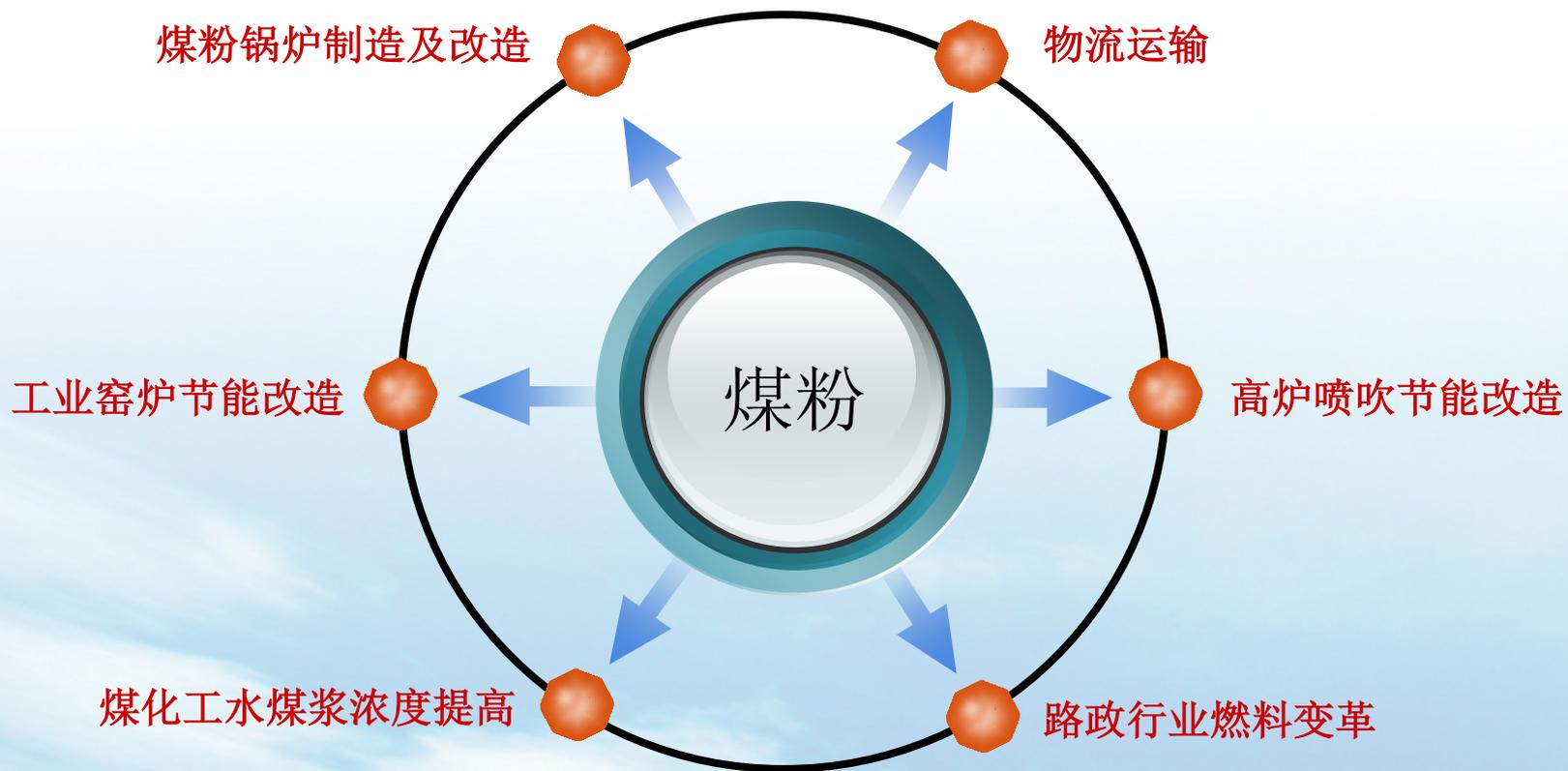
**成果一：**“干法制粉，湿法调浆”的工艺，该技术经陕西省科技厅鉴定的国际先进及国内领先技术。

**成果二：**针对煤粉在存储及运输过程中存在自燃问题，开发出一种可以预防煤粉自燃的阻化剂，在煤粉贮运过程可有效防止煤粉自燃。该技术经陕西省科技厅鉴定为国际先进技术。

**成果三：**获得国家6项技术专利，另有2项正在受理。



## 3.3.2煤粉制备带动了相关产业的发展



## 3.4.1 陕西煤业化工集团型煤制备技术

型煤制备技术在国内外已经非常成熟，根据中国发展现状及企业实际，我们主要致力于兰炭制型焦、型煤技术的研发。

(1) 产品特点：其主要工艺是将60%左右的兰炭末和其它配料粉碎、搅拌、混捏后，冲压成型，再经炭化炉高温炭化处理后，即生产出型焦产品，生产的型焦主产品块度大于110mm。

## 3.4.1 陕西煤业化工集团型煤制备技术

(2) 用途：型焦广泛应用于冶炼、化工、工业及民用锅炉燃烧等行业，可全部替代焦炭及块煤。

(3) 使用效果：

一是兰炭粉末生产型焦可减少能源浪费，加工的类型焦具有成本低廉易于运输等优点。

二是能有效地减少环境污染，其中CO排放量减少70%~80%、烟尘减少60%、烟气等级降到<1/2林格曼级、总固硫率为54%~74%。

## 第四章

# 煤炭物理加工产业前景

## 4.1 煤炭物理加工技术具有较强的应用性

煤炭物理加工技术除以上讲述的煤粉制备、水煤浆制备和型煤制备技术外，还包括煤炭洗选技术，煤炭洗选技术在全球已经非常成熟并被普遍应用，在此不再详述。

煤炭物理加工投资较小，工艺相对简单，没有改变煤的分子结构，除去了煤中多余的灰分、水分和硫分，使煤变的更加清洁，有助于直接应用和间接转化，具有较强的应用性。



## 4.2煤炭物理加工产品具有广泛的客户群

### 洗精煤用户群

化工、电力、冶金等企业

### 煤粉用户群

集中供热、冶金、化工等企业

### 水煤浆用户群

化工、造纸、玻璃、陶瓷等企业

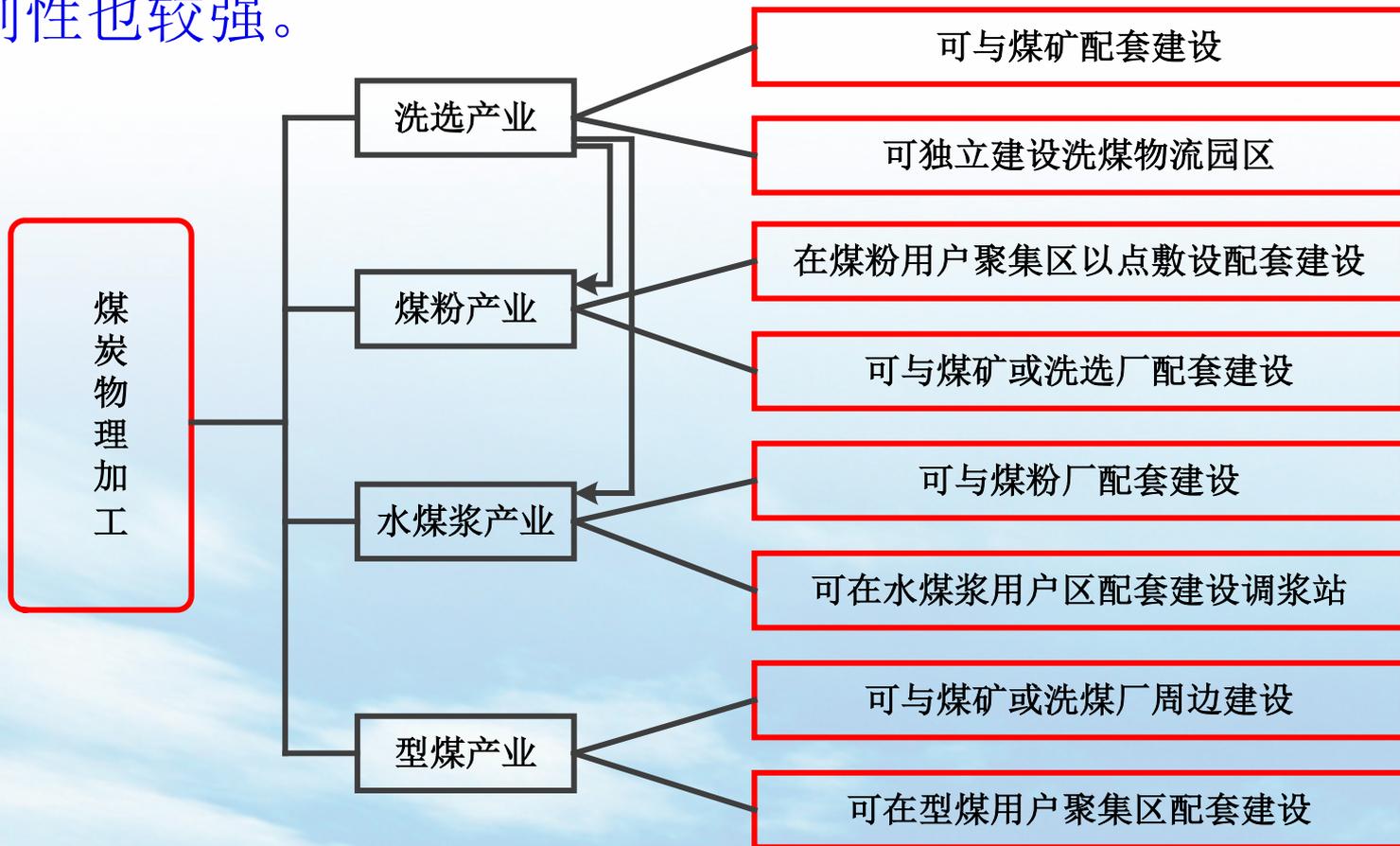
### 型煤用户群

化工、市政等企业和居民散用

客户群体  
庞大，市  
场需求量  
大，发展  
前景好

## 4.3 煤炭物理加工产业具有普遍的复制性

煤炭物理加工产业因其技术应用范围广，其产业链的复制性也较强。



## 第五章

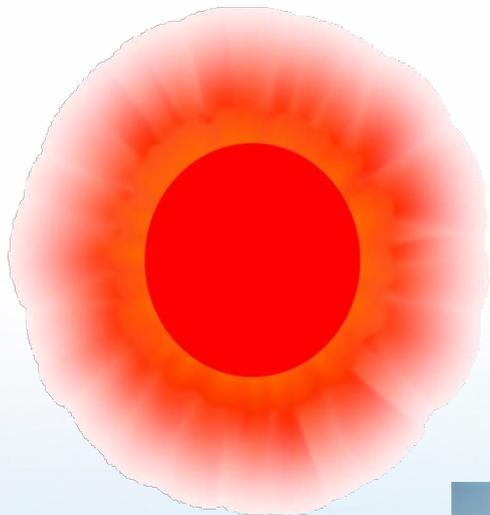
# 煤炭物理加工的多元化融合发展

# 煤炭物理加工与新能源的融合发展是共赢之路

煤炭物理加工不仅要依托自身发展，还要通过与太阳能、地热能、生物质能的互补发展，实现与新能源的融合，实现能源消费与环境保护的共赢之路。



## 5.1与太阳能的耦合发展



加热水



太阳能发电

利用太阳能光伏加热装置和屋顶分布式光伏发电技术，提高煤粉工业锅炉入水温度，减少锅炉耗能，以此达到节省用煤的目的；利用煤粉集中供热中心和煤粉加工中心的建筑屋顶进行太阳能光伏板的装配发电，实现自发自用，节约一定的生产成本。

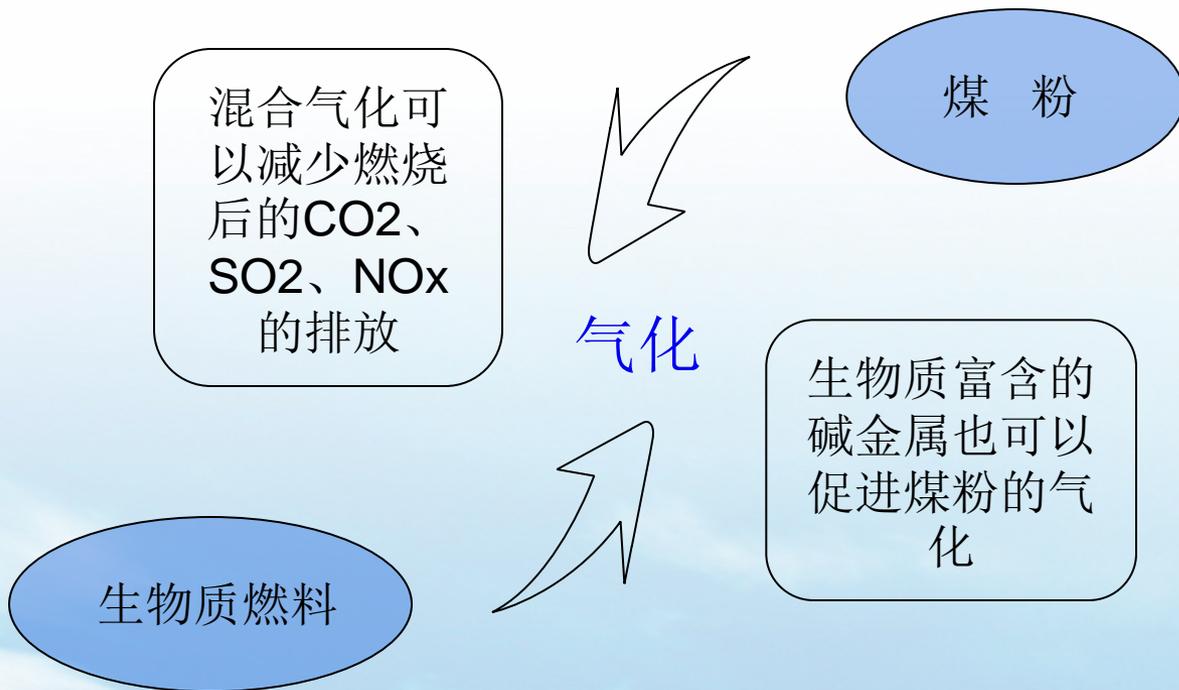
(1立方水每增加10摄氏度的温度，可节省1.5kg左右的煤粉。)





## 5.2.2与生物质能的耦合发展

利用煤粉与生物质能源混合气化技术：生产气化燃料



## 5.3与地热能源的耦合发展

利用地热能源和大型集中供热中心实现优势互补



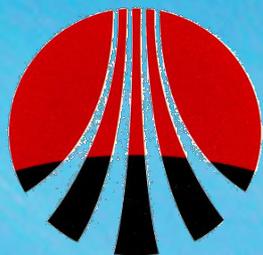
- 1.可与地源热泵配合使用，提高基础水温或回水温度，减少煤粉消耗量。
- 2.可以采用地源热泵集中供暖，采用煤粉锅炉集中供热，两者配合使用，解决区域集中供热问题。
- 3.可弥补因大型集中供热因管网敷设等因素无法提供居民供暖的区域。

## 发展物理加工实现煤炭清洁利用

我们通过发展煤炭物理加工产业，开拓了煤炭资源发展的新思路，找到了煤炭清洁利用发展的新方法，提高了煤炭的使用效率、增强煤炭产品的附加值、减少了污染物排放量，得到了客户的广泛接受和认可。通过与光伏发电、地源热泵、生物质等新能源的配合应用，推动了煤炭的清洁发展，也让煤炭成为了通向新能源发展的桥梁。



我们真诚欢迎世界各地朋友到古城  
西安参观、指导、交流，共同促进煤炭  
清洁发展，奉献清洁能源，建设美丽家  
园。



陕西煤业化工集团有限公司

谢谢