

## 富氧燃烧技术在生物质锅炉的应用的探讨

摘要：

根据生物质锅炉燃烧特点、燃料特性，结合富氧燃烧技术特点，阐述了对生物质锅炉利用富氧燃烧技术解决飞灰含碳量高、炉膛负压不稳定、燃烧过程空气需求量大、排烟量大等瓶颈问题，提出见解和分析。

前言：

在世界能源消费中，生物质能源约占16%左右，而在欠发达地区则占63%以上。全球大概有25亿人生活所用的能源90%以上都是生物质能源。中国是人口最多的国家，同时又处在一个经济的快速发展的时期，能源的需求和消费尤为巨大。日益短缺的化石燃料资源，以及燃烧化石燃料造成大气污染，已成为人们关注和忧虑的焦点。

21世纪，中国将会面对环境保护和经济增长的双重压力。因此，转变能源生产和消费结构的模式，开发和利用生物质能和其他可再生能源和清洁能源，建立新的可持续发展的能源利用体系，为保障和促进可持续发展和环境保护有着深远的意义。

生物质能是人类在远古时代就开始利用的能源，中东战争所造成的世界能源危机使人们开始关注和重视开发和利用可再生能源。人们清醒的认识到石油和煤等化石燃料不可再生和所造成的环境等一系列问题使人类的可持续发展遇到了前所未有的重大问题。使用化石燃料会产生“酸雨”，“臭氧耗破坏”，“温室效应”和其他环境问题，人类的生存和发展正面临着巨大的挑战。而为了解决因为使用化石能源所造成的一系列问题，人类正积极探索和研究可再生清洁能源以替代化石燃料。2014年4月18日李克强主持召开新一届国家能源委员会首次会议，明确了国家能源发展战略：

“节约、清洁、安全”三大能源战略方针。

“节能优先、绿色低碳、立足国内、创新驱动”四大能源战略。加快构建低碳、高效、可持续的现代能源体系。

### 二、生物质锅炉运行分析；

据统计，现在生物质能消费占世界总能耗的16%左右，位于煤，石油，天然气之后，位居第四。其中，发展中国家占总生物质能的生物能源的使用量的75%，发达国家占25%左右，部分国家生物能源的使用量甚至占能源使用总量的60%。

治理大气污染（雾霾、酸雨、烟尘、汽车尾气），还我们一片蓝天，不仅需要国家层面的重视和政策支持，还需要有新能源替代和治理模式方面的创新。新能源和可再生能源替代部分化石能源已是大势所趋。生物质燃料替代部分燃煤工作正在全国逐步展开，所以人们在积极研究生物质的燃烧方式。生物质燃料锅炉根据燃烧方式的不同分为：层燃燃烧锅炉，悬浮燃烧和循环流化床锅炉。生物质燃料由于本身成分的复杂性，从而其燃烧过程也很复杂，主要分为四个燃烧阶段：

（1）预热和干燥阶段，当温度达到100度时，生物质燃料进入干燥阶段，水分开始蒸发，即烘干段。

（2）挥发分析出及木炭形成阶段，即干馏，当已经干燥的原料持续加热时，挥发份开始析出，挥发完毕后，最后剩下的就是木炭。

（3）挥发份燃烧阶段，生物质燃料高温热解析出的挥发份在高温下开始燃烧，同时，释放大量的热。

（4）固定炭燃烧阶段，这是燃烧过程最后的阶段，最后剩余灰分。

### 生物质燃料锅炉优缺点

#### 优点

（1）节能。与燃煤锅炉相比，生物质成型燃料利用效率高，锅炉热效率好；生物质成型燃料着火点低，所以点火

容易，升火快，燃烧稳定完全，节省燃料。

(2) 环保。二氧化碳零排放，燃料中含硫量较低，燃烧时无烟尘和二氧化硫，燃料能够完全燃烧，最后只剩下一点白灰。清洁卫生无污染，利于健康，生物质排放是燃煤的1/10，远远低于国家排放标准。

(3) 适用范围广。由于原料来源广泛环保，所以广泛适用于环保要求严格的大中城市的产业生产制造工业用热以及宾馆、酒店、洗浴中心、事业单位、医院、学校等行业的取暖。

#### 缺点

(1) 生物质能源燃烧需要较高的干燥温度和较长的干燥时间，产生的烟气体积较大，排烟热损失较高。

(2) 由于生物质挥发分含量较高，燃料着火温度较低，此时如果空气供应量不足，将会增大燃料的化学不完全燃烧损失。

(3) 成本高。相对于煤，生物质成型燃料热值单价比煤高，密度小，运输储存费用高；水分高，秸秆类生物质由于受收集方式影响，灰分大；自动化程度低，操作劳动强度大。

(4) 生物质锅炉相对燃煤锅炉构造复杂，价格较高。

(5) 有些关键技术没有得到解决，技术方面不是特别成熟。

受国内农业机械和各生物质利用企业收购方式影响。生物质燃料普遍存在燃料挥发分高、水分大、灰分大、发热量低的情况。燃烧过程会出现：

1、原料中水分大，蒸馏过程延长，热风风压、风量都相应加大，导致过剩空气量加大，排烟热损失加大。

2、原料松散，挥发份含量又高，热分解产生的可燃挥发份一般在350℃时就能释放出约80%。这段时间较短，一般生物质锅炉不能在希相区提供大量空气助燃，未燃尽的有机挥发物只好被气流带走产生黑烟。

3、待到挥发成份逐渐烧完，由于燃料的形态决定其失去挥发物后的炭结构为松散骨架，气流的运动可使之解体，分散则又会使一部分未经燃烧的炭粒裹入烟道，产生飞扬的黑絮，如碳粒带火进入到布袋除尘器将会烧坏布袋。

4、待挥发物和炭逐渐烧完时，空气量又过剩，这些过剩的空气流又会白白带走一部分热量。

以上4个效应的共同作用，使热效率大大降低，现有锅炉均不能从根本上解决秸秆水分大和松散废料高效燃烧问题。导致锅炉燃烧效率低，飞灰含碳量较高，灰渣燃烧不充分。锅炉负压波动较大，难以控制。布袋除尘器及输灰系统工作负荷高，设备运行不稳定。

### 三、锅炉热效率分析

#### 1、锅炉热损失

公式： $\eta = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$

式中： $\eta$ —锅炉反平衡热效率%

$q_2$ —排烟热损失%

$q_3$ —气体不完全燃烧热损失%

$q_4$ —固体不完全燃烧热损失%

$q_5$ —散热损失%

$q_6$ —灰渣物理热损失%

从锅炉热平衡热效率公式中可看出，锅炉热效率的高低取决于它的五种热损失的大小，分别是1、排烟损失 $q_2$ ，2、气体不完全燃烧热损失 $q_3$ ，3、固体不完全燃烧热损失 $q_4$ ，4、散热损失 $q_5$ ，5、灰渣物理热损失 $q_6$ 。其中排烟热损失 $q_2$ 和固体不完全燃烧热损失 $q_4$ ，是生物质锅炉热损失的最大两项，它们之和占总损失的90%以上。

## 2、排烟热损失 $q_2$

$$\text{公式: } q_2 = \frac{(I_{py} - \alpha_{py} I_{lk})(100 - q_4)}{Q_r} \times 100\%$$

式中： $q_2$ —排烟热损失 %  
 $I_{py}$ —排烟热焓 KJ/kg  
 $I_{lk}$ —理论冷空气热焓 KJ/kg  
 $\alpha_{py}$ —排烟处空气过剩系数  
 $q_4$ —固体不完全燃烧热损失 %  
 $Q_r$ —输入热量 KJ/kg

从公式中可看出，排烟热损失 $q_2$ 的大小，取决于排烟温度的高低和排出烟气量的大小及排烟中固体不完全燃烧的占有比例，改造后的富氧燃烧锅炉，可减少一、二次风的风量，使过剩空气系数合理，这样就能减少烟气的大量排出。烟气带走的热量就大大的降低，排烟热损失降低。

## 3、气体不完全燃烧热损失 $q_3$

$$\text{公式: } q_3 = \frac{V_p}{Q_r} (126CO + 108H_2 + 358CH_4) \times \left( \frac{100 - q_4}{100} \right) \times 100\%$$

式中： $q_3$ —气体不完全燃烧热损失 %  
 $V_p$ —排烟处烟气损失  $m^3/kg$   
 $Q_r$ —输入热量 KJ/kg  
 $H_2$ —烟气中氢气容积百分数 %  
 $CH_4$ —烟气中甲烷容积百分数 %  
 $CO$ —烟气中一氧化碳容积百分数 %

气体不完全燃烧损失 $q_3$ ，从公式中可看出，主要取决于排烟处烟气容积和可燃气体，改造后的富氧燃烧锅炉，可燃气体得到充分燃烧，炉膛温度高，用普通空气助燃，约五分之四的氧气不但不参与助燃，还要带走大量的热量。一般氧浓度每增加1%，烟气量约下降2~4.5%，所以气体不完全燃烧损失 $q_3$ 也就小。从而能提高燃烧效率。

## 4、固体不完全燃烧热损失 $q_4$

$$\text{公式: } q_4 = \frac{V_p}{Q_r} (126CO + 108H_2 + 358CH_4) \times \left( \frac{100 - q_4}{100} \right) \times 100\%$$

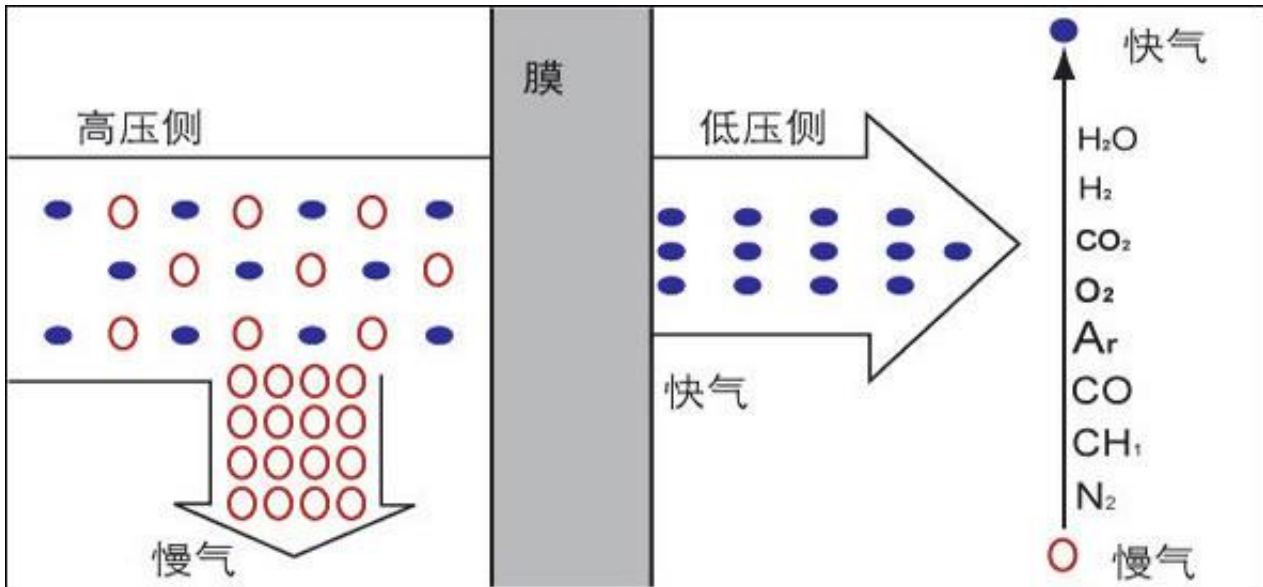
式中： $q_4$ —气体不完全燃烧热损失 %  
 $V_p$ —排烟处烟气损失  $m^3/kg$   
 $Q_r$ —输入热量 KJ/kg  
 $H_2$ —烟气中氢气容积百分数 %  
 $CH_4$ —烟气中甲烷容积百分数 %  
 $CO$ —烟气中一氧化碳容积百分数 %

固体不完全燃烧损失 $q_4$ ，取决于炉渣、漏料、飞灰的量和含碳量。改造后的富氧燃烧锅炉，炉膛温度提高，飞灰和炉渣有了高温的燃烧环境，能得到充分的燃烧，降低飞灰和炉渣的含碳量，从而达到提高燃烧效率的目的。

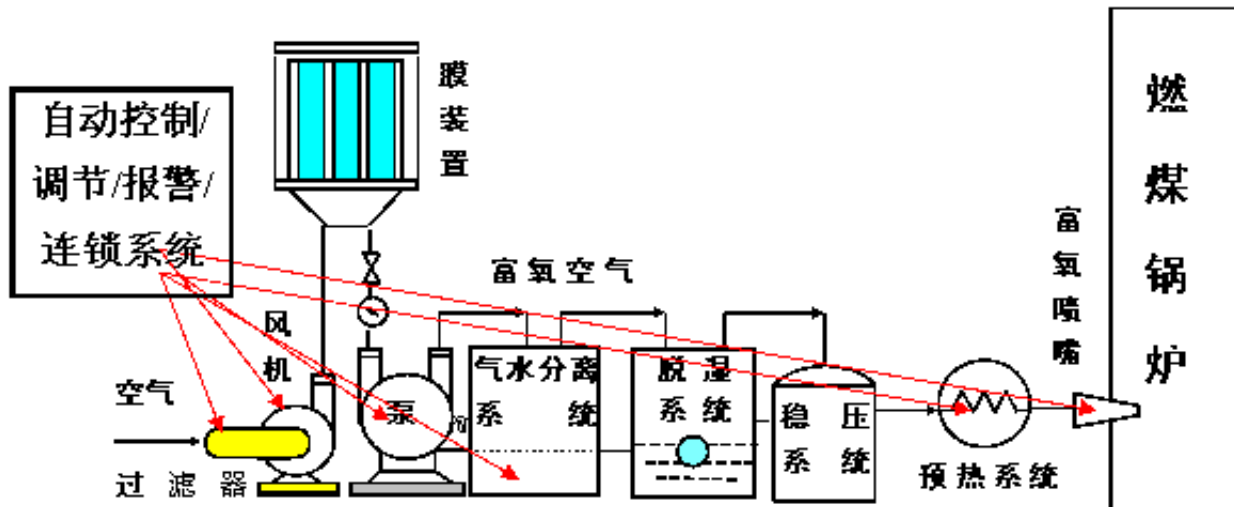
## 四、气体膜分离原理

膜分离空分技术是八十年代国外新兴的高科技技术，属高分子材料科学，工业发达国家称膜法富氧技术为资源性的创造性技术，它是第三代最具发展应用前景的气体分离技术。许多发达国家都投入了大量人力物力来研究膜法富氧技术，日本曾在以气、油、煤为燃料的不同场合进行了富氧应用试验，得出如下结论：用23%的富氧助燃可节能10-25%；用25%的富氧助燃可节能20-40%；用27%的富氧助燃则节能高达30-50%等。初步利用在链条炉、往复炉、抛煤机锅炉、煤粉炉、循环流化床锅炉、沸腾炉等，节能效果显著。

膜分离制氧设备是利用具有特殊选择分离性的高分子聚合纤维材料作为分离元件，在一定驱动力作用下，使二元或多元组份因透过膜的速率不同而达到分离或特定组份富集的目的。当混合气体在一定的驱动力（膜两侧的压力差或压力比）作用下，渗透速率相当快的气体如水汽、氧气、氢气、氫气、硫化氢二氧化碳等透过膜后，在膜的渗透侧被富集，而渗透速率相对慢的气体如氮气、氩气、甲烷和一氧化碳等被滞留在膜的滞留侧被富集从而达到混合气体分离的目的。

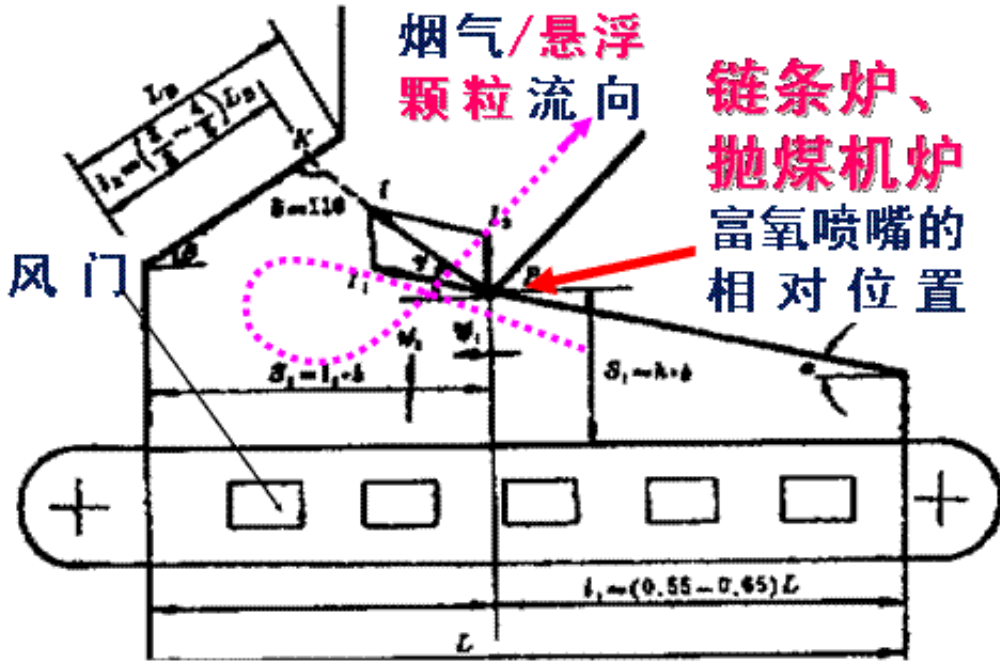


系统流程

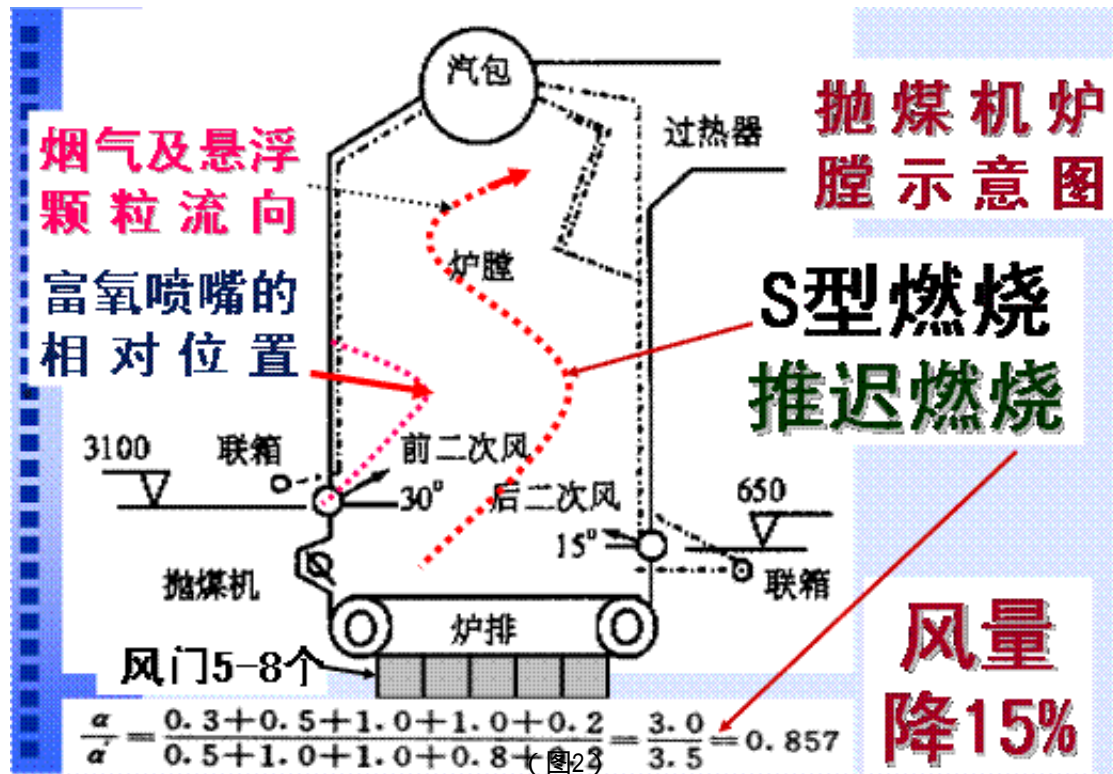


采用s型燃烧技术或型燃烧技术及四角燃烧，富氧喷嘴一般可以加在炉排底下、后拱、前拱、侧墙或四角等。目的是强化原有锅炉的火焰特性，使燃料和烟气在炉膛中的停留时间更长，从而充分彻底完全地燃烧，放出更多的有效热量。然后通过现场整体调节优化达到节能目的。



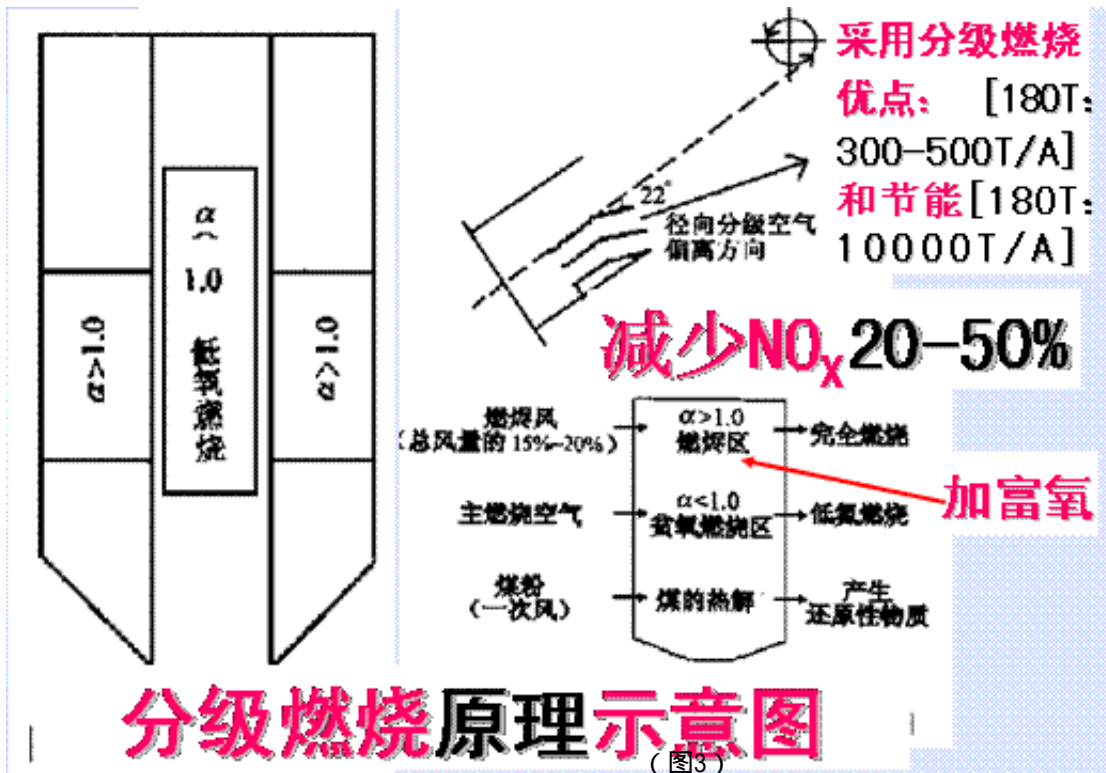


“α”形燃烧火焰动量计算示意图 (图1)



$$\frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{0.3 + 0.5 + 1.0 + 1.0 + 0.2}{0.5 + 1.0 + 1.0 + 0.8} = \frac{3.0}{3.5} = 0.857$$

风量降15%



## 五、综合分析

通过以上分析，富氧燃烧技术能够取得可观的节能效果，但是在锅炉改造或设计时要充分考虑到生物质燃料的特性：灰渣熔点低，易结焦，三、四级过热器高温段将会出现挂焦等问题。通过分析改造后的经济性还是比较可观的：

- 1、降低排烟量：降低排烟量，降低风机负荷，降低厂用电，缓解炉膛压力大幅度变化。降低排烟热损失，提高机组经济性。
- 2、降低灰渣、飞灰含碳量，降低飞灰量。缓解除尘器、输灰系统系统压力，设备稳定性提高。提高机组经济性。
- 3、降低燃料消耗量，缓解上料系统压力。
- 4、由于富氧燃烧会提高炉膛上部燃烧份额，从而使三级、四级过热器处温度提高，可能会影响蒸汽温度的变化，或导致高温结焦。
- 5、由于生物质燃料水分较大，烘干、蒸馏、燃烧所需一次风配额较大，造成排烟量过高，引风机能耗较大，改造后的富氧锅炉降低了送风量，从而降低了排烟量。降低送引风机负荷，减少厂用电。

## 6、投资分析

富氧浓度：27-30%

制氧规模：10-15000m<sup>3</sup>/h

设备能耗：0.1-0.15kw/h/立方

对于锅炉是利用局部增氧助燃技术来强化原有锅炉的火焰特性，既要使燃料在炉膛的停留时间更长，又要使燃料在尽可能少的助燃风下更充分、更完全地燃烧。节能率一般在5%-18%之间，约一年时间可以收回投资。

## 六、结论：

通过以上理论分析，个人认为富氧燃烧技术是可行的，经济性较好，就设备采购及改进事宜建议与厂家进行沟通，目前有多种合作方式可供参考，本人就不一一赘述。

-----分割线-----

因本人无意当中在网上了解到富氧燃烧技术，通过了解后。结合本人的经验，认为此技术是节能环保的一大发明。所以不遗余力的推荐。郑重声明：本人不知道富氧机在哪里采购，也不是为该厂做广告，只是觉得应该推荐这种节能环保的技术。如有意向者，需自行考察洽谈。如有技术交流者，本人热烈欢迎！

汇能电力投资有限公司

李有胜

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/74967.html>