

锅炉系统应用水处理技术对节能减排的重要性

北京科米尼斯节能技术有限公司

一、前言

2017 年，国务院印发了《“十三五”节能减排综合工作方案》，方案中第（十三）条、第（十四）条注明了热电系统节能减排工作的重要性：

（十三）强化重点用能设备节能管理。加强高耗能特种设备节能审查和监管，构建安全、节能、环保三位一体的监管体系。组织开展燃煤锅炉节能减排攻坚战，推进锅炉生产、经营、使用等全过程节能环保监督标准化管理。“十三五”期间燃煤工业锅炉实际运行效率提高 5 个百分点，到 2020 年新生产燃煤锅炉效率不低于 80%，燃气锅炉效率不低于 92%。普及锅炉能效和环保测试，强化锅炉运行及管理人员节能环保专项培训。开展锅炉节能环保普查整治，建设覆盖安全、节能、环保信息的数据平台，开展节能环保在线监测试点并实现信息共享。推广高效换热器，提升热交换系统能效水平。全面提升重点用能设备能效水平。

（十四）控制重点区域流域排放。推进京津冀及周边地区、长三角、珠三角、东北等重点地区，以及大气污染防治重点城市煤炭消费总量控制，新增耗煤项目实行煤炭消耗等量或减量替代；实施重点区域大气污染传输通道气化工程，加快推进以气代煤。加快发展热电联产和集中供热，利用城市和工业园区周边现有热电联产机组、纯凝发电机组及低品位余热实施供热改造，淘汰供热范围内的燃煤锅炉（窑炉）。

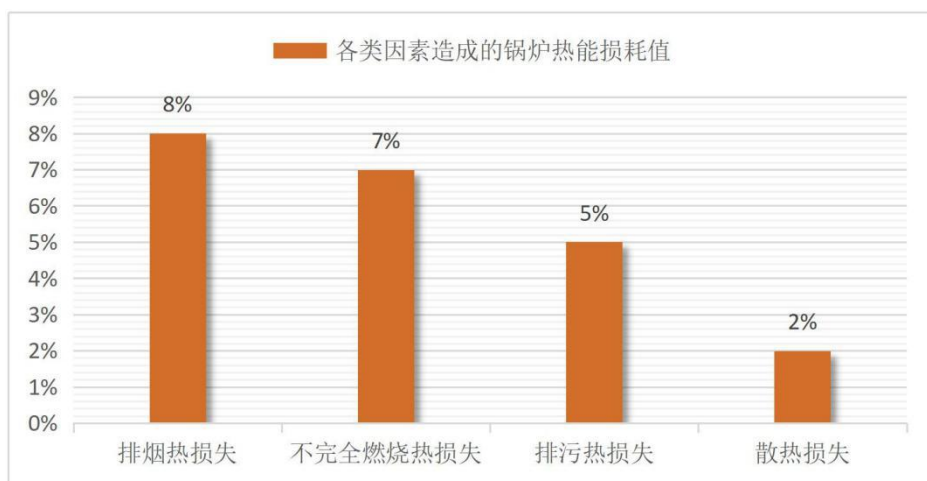
清华大学建筑节能中心主任、工程院院士江亿在《我国集中供热现状和发展前途》中提到：集中供热面临巨大的挑战。北方城镇供暖商品总能耗达 1.81 亿吨标煤，占建筑总能耗的 24%，为全国 560 亿平方米建筑能耗总量的四分之一。面对飞速发展的城市建设对供热需求的增长，热源容量和管网输送能力严重不足，我们该如何面对？节能减排、消除雾霾要在采暖上下功夫。国家节能减排，用能总量控制的目标，2020 年北方城镇供热面积达到 150 亿平方米的情况下，城镇供热能耗总量降低到 1.5 亿吨煤，也就是说单位面积能耗指标从 16 千克标煤降到 10 千克。降低北方城镇供暖能耗需要两个“抓手”：一是降低末端供暖热量需求，降低单位面积热耗；二是提高热源效率，降低单位热量煤耗。要提高换热效率、降低锅炉能耗、降低排放，通过对二次网系统进行水质处理可以起到极大的推动作用。

二、如何通过水质处理技术提高锅炉系统热效率达到节能减排

1. 锅炉热能损耗分析

锅炉热能损耗主要因素包含：1. 排烟热损失（约 8%）；2. 不完全燃烧热损失（约 7%）；3. 排污热损失（约 5%）；4. 散热损失（约 2%）

如下图所示：



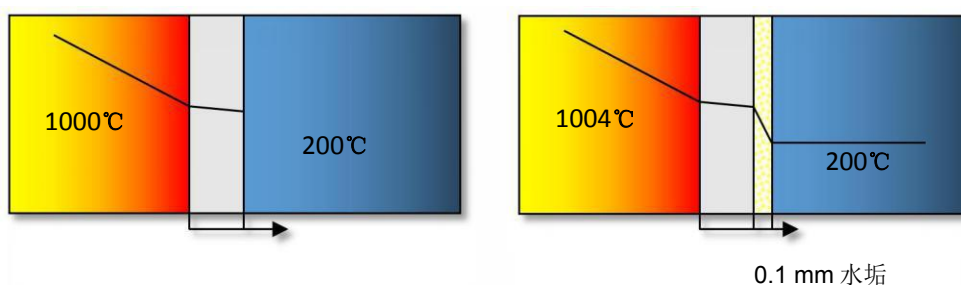
上述热损失还可分为先天热损和后天热损：

先天热损包括：排烟热损、不完全燃烧热损以及散热损失，这些建厂时选配锅炉种类及参数既定的热损，除非技术改造，否则无法改变。

后天热损指：排污热损失。排污热损可通过锅炉给水预处理、投加水处理药剂等方法进行热损控制。锅炉排污率每增加 1%，燃料消耗会提高 0.3%~0.5%，造成能源过多浪费。

2. 锅炉水系统的三大问题

第一，水垢问题。根据锅炉压力不同，锅炉补水一般会应用软化水、反渗透水。如果选用软化水，残余硬度结垢是行业难题，因为结垢后会减低热传递效率，形成巨大的能源浪费。据研究，每 100 μm 厚的水垢将导致燃料消耗量增加 0.4%，如下图所示，结垢 0.1mm，炉水温度同样要求达到 200℃，燃烧温度需要提高 4℃，相应消耗更多的燃料。



第二，腐蚀问题。如果为避免软化水残余硬度结垢，锅炉给水选用反渗透水，炉管失去了硬度水垢的保护，就需要更加严格控制炉水溶解氧。原因是失去了硬度水垢的保护，管路极易发生腐蚀，这就是很多锅炉给水采用反渗透水腐蚀严重的主要原因。



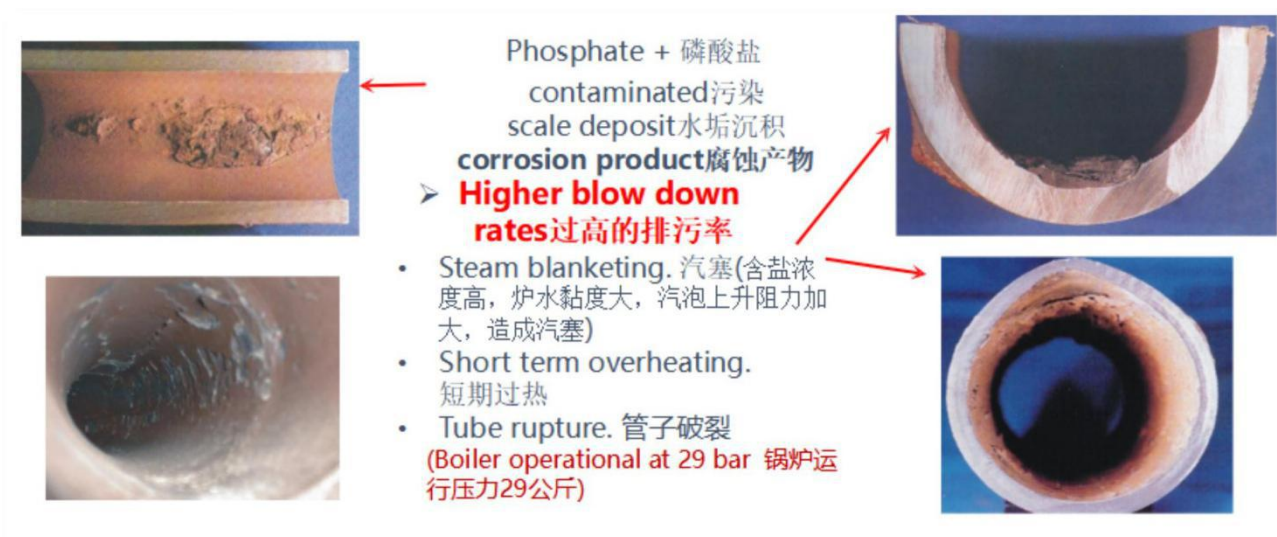
第三，排污问题。为了解决上述结垢、腐蚀问题，大多数厂家采用投加化学药剂的方法。国内普遍采用投加氨水、联氨、磷酸三钠、氢氧化钠、亚硫酸钠等来调节碱度，去除残余硬度和溶解氧。投加这些药剂却增加了炉水含盐量，进而增加了锅炉排污率，大量高温热水通过联排、定排被排掉，形成了能源的浪费。

3. 传统的水处理技术

第一，缓蚀阻垢剂。例如：磷酸盐、磷酸三钠

磷酸盐处理的弊端：

- 1) 增加炉水含盐量，提高排污率，造成能源浪费；
- 2) 造成汽塞。因为含盐量提高，炉水粘度大，气泡上升阻力加大，造成汽塞，从而管路短期过热甚至破裂。



第二，碱度调节剂。例如：氢氧化钠、氨水

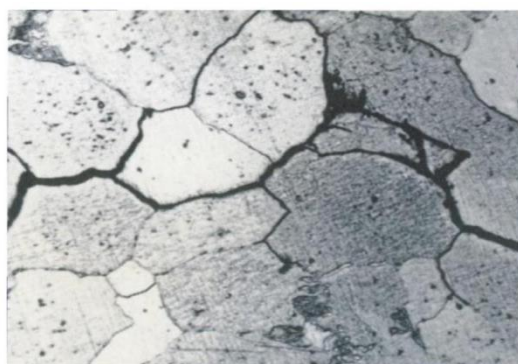
投加氨水的利与弊：

投加氨水处理后，只能提高碱度，而碱度提高会增加系统结垢几率，因此必须配合磷酸三钠等阻垢剂防止结垢，但投加磷酸三钠又会出现上述第一条的各种问题。

应用氢氧化钠调节碱度的弊端：

- 1) 锅炉炉水发泡、盐分增高，进而增加排污率，引起汽水共腾，炉水被带入蒸汽和冷凝水，形成汽轮机氢氧化钠盐垢；
- 2) 沉积腐蚀+磁铁矿钝化层溶解；
- 3) 浓度过高会造成锅炉金属苛性脆化。

第三，除氧剂。例如：联氨、亚硫酸钠



采用亚硫酸钠除氧的弊端：

- 1) 亚硫酸钠只适用于相对低压锅炉系统的除氧。当工作压力超过 6.2MPa 时，亚硫酸钠会分解，形成腐蚀性硫化氢和二氧化硫，这些气体会随蒸汽一起排出，引起后续设备的腐蚀。而且亚硫酸钠自身还发生氧化还原反应，生成具有腐蚀性的硫酸钠及硫化钠；
- 2) 将含有亚硫酸钠的给水做减温水喷入过热蒸汽调节温度时，会导致过热蒸汽集汽联箱和汽轮机中产生硫酸钠等盐类沉积物；
- 3) 亚硫酸盐增加锅炉水 T.D.S. (硫酸盐)，造成排污率增高；
- 4) 挥发性不足，无法进入蒸汽保护蒸汽冷凝回路；（此句不通顺！）
- 5) 不能促进金属钝化。

采用联氨除氧的弊端：

联氨在除氧效率上不及亚硫酸钠，水温较低时除氧速度慢，温度提高后，联氨会分解出**较高毒性**的物质进入蒸汽系统，使蒸汽不能直接应用于生活。另外，联氨易溅到眼睛、皮肤或衣服上，毒素极易被吸入，给操作人员造成人身伤害。联氨被认为是**致癌可疑物质**，被美国“职业防护与保健法案（OSHA）”列为危险品，已经禁止联氨与食品直接接触，欧洲美国等国家均已摒弃了联氨的应用。

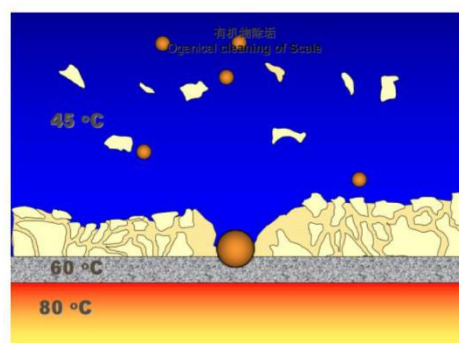
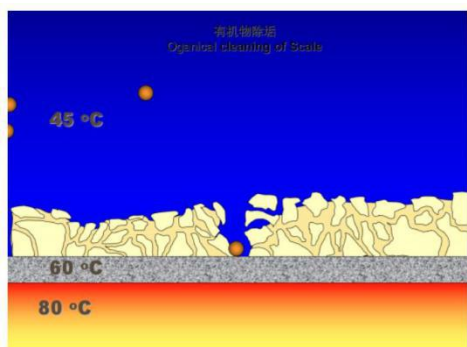
4. 我公司水处理药剂可解决上述三大问题

首先，FINEAMIN®产品是无盐、无磷、无联氨的环保有机水处理药剂。

特点：无盐，不增加炉水盐分，大大提高浓缩倍率，从而降低排污率；无磷，环保，无需担心排放问题；无联氨，健康，无需担心身体伤害问题；环保有机，可生物降解；综合，一种产品，多种功能；

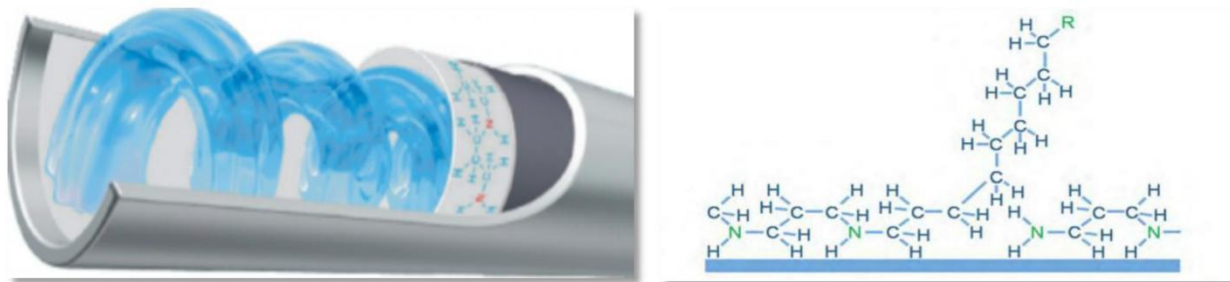
原理：利用药剂中的有机物物理性能剥离炉管上的水垢。有机物中的小颗粒附着在疏松的水垢孔隙中，随着水温升高，热胀冷缩的物理性能使其体积瞬间膨胀，炸开一小块水垢，之后，有机物颗粒又回到水中，温度降低，体积变小，再次附着并膨胀，如此循环往复，最终剥离全部水垢。水垢清除之后，传热效率大大提升。

药剂中还含有独特的**催化剂**（一种聚合电解质成分），拥有特殊结构和功能，对二价阳离子有很强的吸附力，可使钙盐和镁盐沉淀到锅炉底部，轻易由锅炉底排排出，去除硬度的同时可使排污更有效率，**节省大量能源**。



其次，FINEAMIN®产品能调节水质碱度，在管壁形成致密的四氧化三铁钝化层。

药剂采用特种聚合有机胺类，利用防锈涂层的防锈原理，在四氧化三铁钝化层外形成致密碳链，覆盖在所有管路表面，形成隔水层，由此，双层防腐蚀护盾形成，使整个系统不再生锈。



此外，药剂中 DEHA 成份是一种安全优秀的除氧剂成份。除氧速度快，除氧深度可达 98.8%，在国际上已经广泛应用于锅炉系统，解决氧腐蚀问题。因其具有挥发性，可随蒸汽进入蒸汽管路，进而保护蒸汽管路不被腐蚀。

三、我公司产品应用效果

1. 2*55t/h, 13 公斤压力锅炉（MVA，德国勃兰登堡）

应用 FINEAMIN®药剂 6 个月后前后对比：铁锈已全部去除、内壁全部钝化



2. 4*125t/h, 112 公斤压力 (Pfleiderer, 德国)

应用 FINEAMIN® 药剂 3 个月后汽包内前后对比:



3. 富皇水泥

富皇水泥之前投加的是某丹麦品牌锅炉水调节剂, 每 2-3 天制水一次, 定排 3 天一次, 每次开 8-10 个小时; 更换为我司 FINEAMIN06 号药剂后, 改为 7 天制水一次, 定排 10 天一次, 每次排污 10 分钟, 炉水浓缩倍数明显提高, 排污量降低 60% 以上, 补水大大降低, 制水所用酸、碱用量也大大降低。

四、贵司水处理现状及建议

1. 水质情况

参数	给水	炉水
pH		11.5
碱度	1.9 mmol/l	22 mmol/l
硬度	0.02 mmol/l	0.02 mmol/l
氯根	38 mg/l	400 mg/l
电导率	360us/cm	
溶解氧	-	60 ug/l

根据上述水质计算, 炉水浓缩倍数约 10 倍。硬度没有相应浓缩, 说明一部分硬度已经形成了不溶物, 可判断为是形成了水垢。

2. 系统参数

锅炉：5*75t/h 蒸汽锅炉，燃煤，有除氧器

压力：16 公斤压力（实际运行压力 13-14 公斤）

补水类型：软化水

补水量：约 110 万吨/年

自来水：7.5 元/吨

加药：只加磷酸三钠

联排控制参数：TDS:3500+mg/l(左右)

定排：每 24 小时一次

排污率：3%左右

3. 投加 FINEAMIN 药剂的经济分析

1) 投加费用：0.02 公斤/吨补水*1100000 吨/年补水*60 元每公斤=1320000 元（132 万元）

2) 节省费用：（保守测算可降低 2%以上排污，暂以 2%计算）

A. 减少水费：1100000 吨/年补水*2%*7.5 元每吨=165000 元（16.5 万元）

B. 制水成本：1100000 吨/年补水*2%*1 元/吨=22000 元（2.2 万元）

C. 减少降温用自来水费（以 5 倍冷水降温计算）：165000 元*5=825000 元（82.5 万元）

D. 减少能源费用（排放热水所耗燃煤费用）：

1 吨水升高 1 度消耗标准煤约 0.14kg, 以燃煤利用率 60%计算, 1 吨水升高 1 度标准煤约 0.24kg, 以水温升高 180 度计：0.24(公斤/吨/度)*180(度)*1100000 吨/年补水*2%*750(元/吨, 例)/1000=712800 元（71.28 万元）

E. 减少燃煤降低相应脱硫脱硝费用（以每吨燃煤脱硫脱硝成本 50 元计）：

0.24(公斤/吨/度)*180(度)*1100000 吨/年补水*2%*50(元/吨, 例)/1000=47520 元（4.752 万元）

F. 去除水垢提高导热效率减少燃煤费用：(中科院专家验证 0.8-1mm 碳酸钙水垢可增加燃料消耗量 5%-8%，以去除炉管水垢 1mm，节省燃料 5%计)

全年补水 110 万吨，烧至 180 度，燃煤费用：

0.24(公斤/吨/度)*180(度)*1100000 吨/年补水*750/吨/1000=3564 万元

减少燃煤费用：3564 万元*5%=1782000 元（178.2 万元）

A-E, 共计节省费用：165000 元+22000 元+825000 元+712800 元+47520 元+1782000 元=3554320 元（355.432 万元）

注：以上费用不含节省的锅炉维护及大修费用（年均约 20 万），不含锅炉系统蒸汽管路停止腐蚀使用寿命延长后减少的费用。