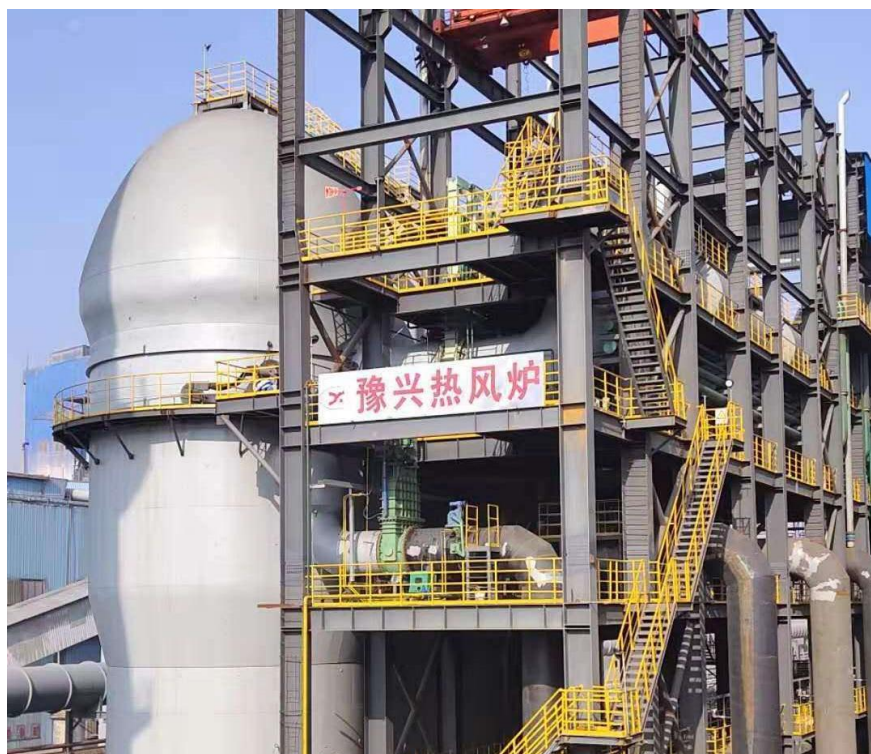




豫兴热风炉

{ 专注节能、低氮、长寿、高温技术研究 }



实现NO_x超低排放的顶燃式热风炉原理和实践应用

河南省热风炉工程技术研究中心

2020年9月22日，在第七十五届联合国大会上，习近平主席郑重宣布：**二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。**

工信部：2025年钢铁行业率先实现碳达峰。

宝武集团：2023年力争实现碳达峰，2035年力争减碳30%，2050年力争实现碳中和。

河钢集团：2022年实现碳达峰，2025年碳排放量较峰值降10%以上，2030年碳排放量较峰值降30%以上，2050年实现碳中和。

我国钢铁行业实现碳达峰、碳中和对国际承诺的步伐均呈倒计时状态，这对钢铁行业是极限压力。

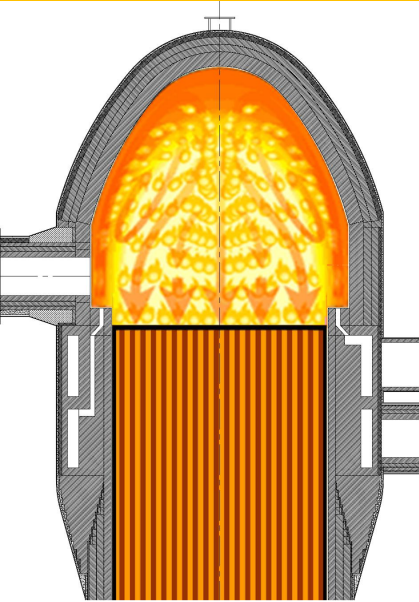
豫兴公司积极响应习总书记联合国大会减排承诺，已联合山西通才公司和河北澳森公司实施超低碳排放热风炉新技术，可以使二氧化碳排放量降低10%-20%，投入生产应用为2021年底以前。

今天给各位专家、朋友介绍豫兴热风炉无需脱硝设备就能实现超低排放，积极践行**习总书记：“金山银山不如绿水青山”**和**生态环境部：“针对现有钢铁企业，到2025年底前，重点区域（京津冀及周边地区、长三角地区、汾渭平原）钢铁企业超低排放改造基本完成，全国力争80%以上产能完成改造”**的指示和精神，实践验证了豫兴热风炉氮氧化物排放在20-45毫克超低水平。比现有国家标准低85%以上；比五部委发布标准低75%以上；比区域省标低66%以上，大大降低了企业的运行成本和投资成本；

- 1、采用有别于现有顶燃式热风炉技术的独特的豫兴悬链线顶燃式热风炉技术；
- 2、强化混合燃烧、确保提高风温、控制拱顶温度，缩小送风和拱顶温度差；
- 3、强化烟气流场和冷风流场均匀分布，优化格子砖结构，提高蓄热换热能力；
- 4、加大燃烧器功率，提高混合燃烧效果，加强自身预热功能；

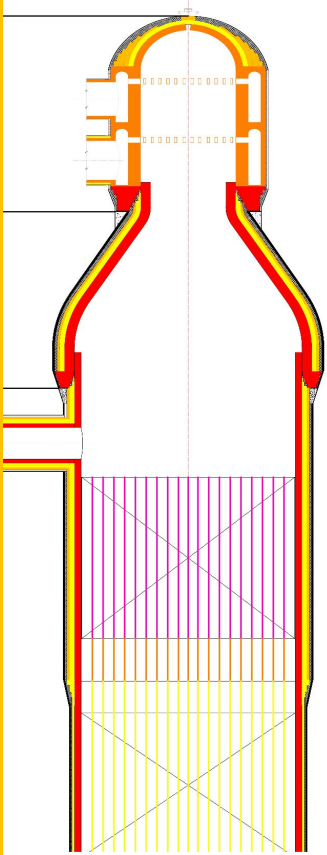
采用有别于现有顶燃式热风炉技术的独特的豫兴悬链线顶燃式热风炉技术

委托权威部门随机测试的河北省九座高炉配套的豫兴悬链线顶燃式热风炉氮氧化物排放值；表中超过1200度以上风温的有六座，占随机测试的67%，最高风温为1237度，排放值在32-42毫克范围之内。



独特的超低氮排放悬链线顶燃式热风炉技术

元素 数据 名称	NO _x mg/m ³	测试时间	送风温度℃	备注
河北敬业三炼1号	38.66	15:07-15:57	1215.8	悬链线
河北敬业三炼2号	37.83	10:46-11:36	1213	悬链线
河北敬业三炼3号	32.83	16:42-17:32	1196.8	悬链线
河北澳森6号	42.83	15:54-16:43	1116	悬链线
河北澳森7号m ²	36.67	18:03-18:53	1209.6	悬链线
唐山纵横丰南4号	36.8	11:47-12:28	1237.2	悬链线
唐山瑞丰北区1号	38.33	16:40-17:30	1176.8	悬链线
唐山瑞丰北区2号	39.5	13:48-14:38	1232.5	悬链线
唐山瑞丰北区3号	34.5	11:45-12:36	1228	悬链线



委托权威部门随机测试的河北省两座高炉配套的传统顶燃式热风炉氮氧化物排放值；表中随机测试时风温分别为1159.8度和1200度，氮氧化物排放值分别为132.8毫克和100毫克。风温不高，但氮氧化物排放值相对较高。分析原因与混合燃烧和烟气流场分布不均，格子砖利用率低有关。

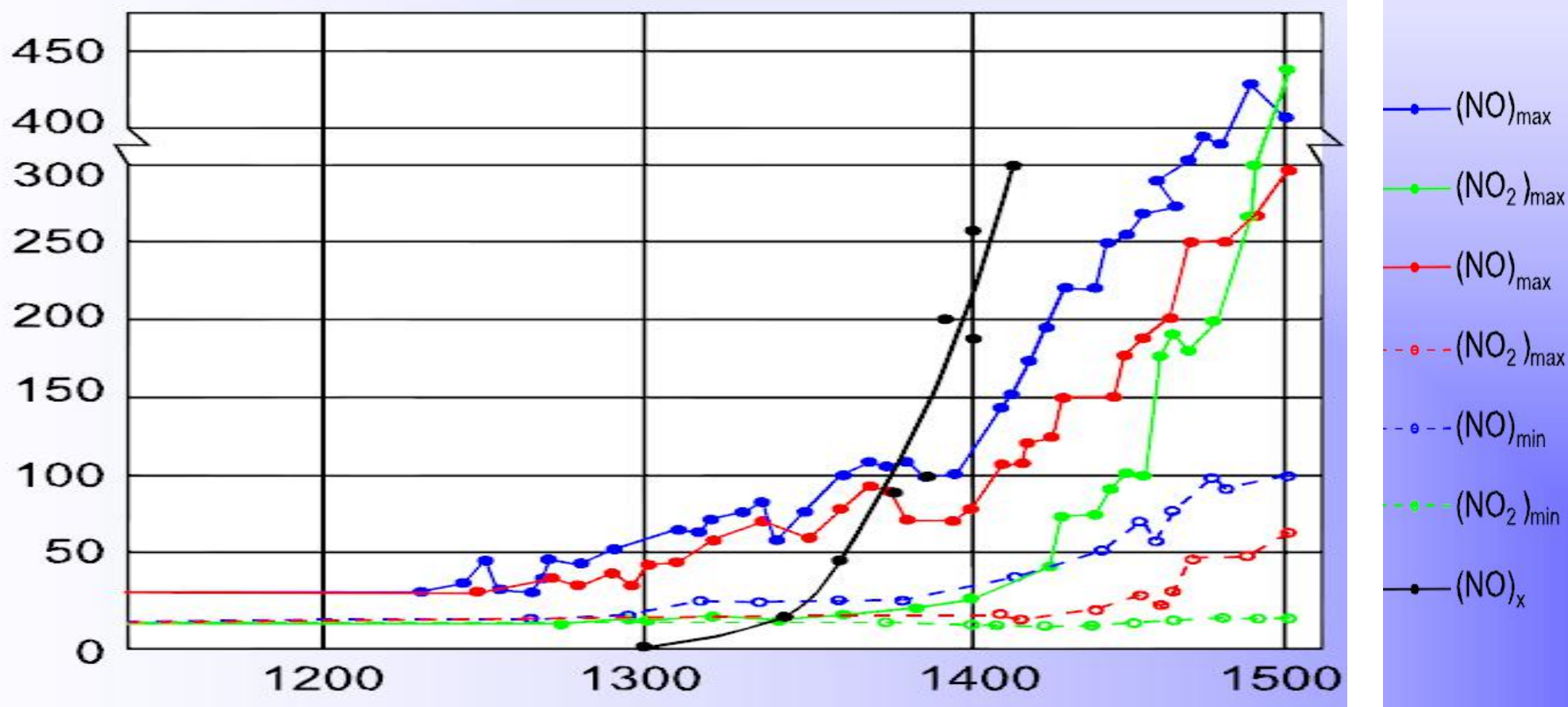
传统小帽子顶燃式热风炉技术

元素 数据 名称	NO _x mg/m ³	测试时间	送风温度℃	备注
安丰钢铁公司	132.8	10:29-11:10	1159.8	顶燃式
中铁装备3号	100	13:33-13:52	1200	顶燃式

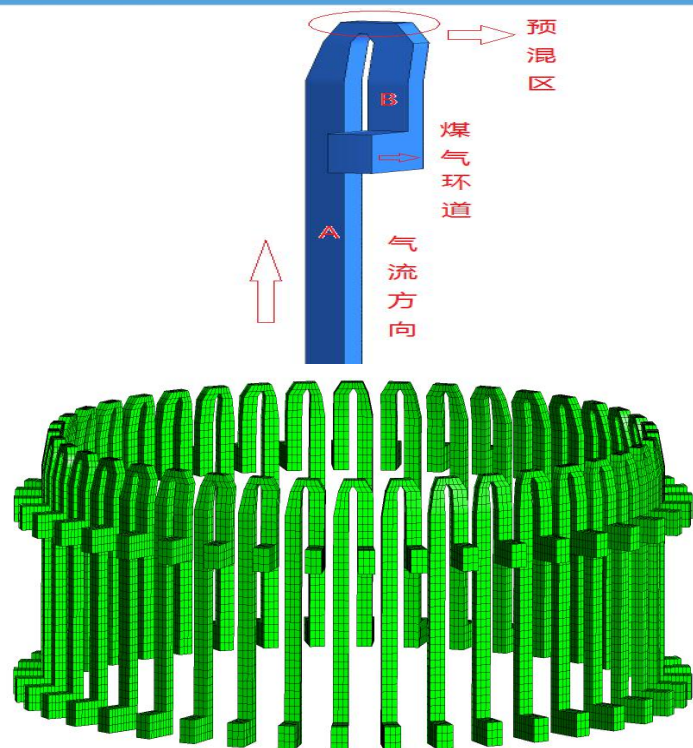
国际通用的高温加热设备燃烧室顶部温度与氮氧化物生成曲线图

从下表格中可以看出，要实现高风温、又要实现超低氮氧化物排放，控制拱顶温度是最重要措施。实现拱顶温度和送风温差最小，又要高风温，必须由其混合燃烧器燃烧性能、格子砖蓄热传热性能、格子砖重量、换热面积、烟气流场等等性能所决定。怎样控制拱顶温度，又必须保证风温，这就是需要深入的研究燃烧器、格子砖及其加热性能来实现。

燃烧过程中氮氧化物生成曲线结构示意图



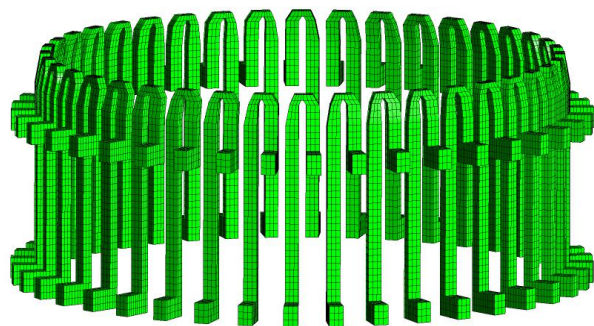
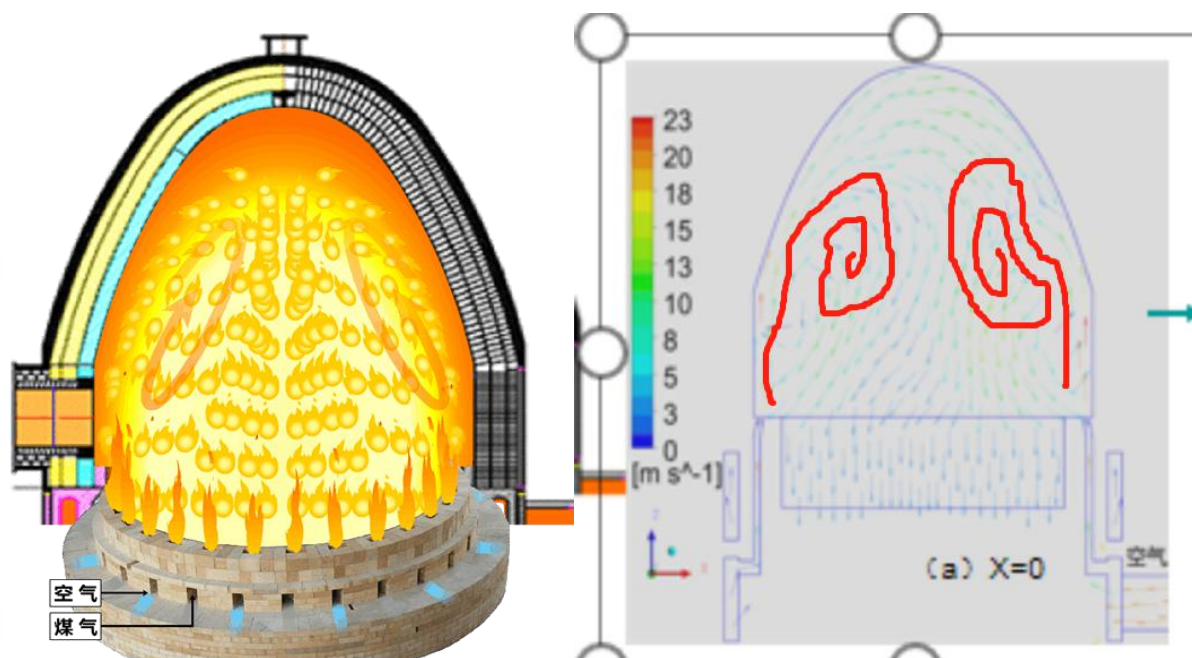
措施一：采用环形上喷多孔小口径对冲低氮燃烧喷嘴，实现低氮混合燃烧



在环绕蓄热室大墙周向设计很多煤气和空气小口径集管，集管出口端为交错的带有内倾对冲角度的小口径喷嘴，见三维视图和下面燃烧器组合砖图以及单个喷嘴结构图。喷嘴越小混合燃烧效果越好，这种小烧嘴结构会使空气过剩系数波动在1.02-1.05之间，降低了空气和氧气的含量，也减少了过量的低温空气和过量的低温煤气进入热风炉燃烧室高温区域而影响风温。这种混合燃烧烧嘴我们叫做低氮燃烧技术。

实现低氮燃烧的关键技术在于煤气和空气流速的准确计算，没有恰当的流速无法实现，且易脱火或回火。

措施二：采用环形上喷多孔小口径折返涡流混合燃烧技术，稳定火焰



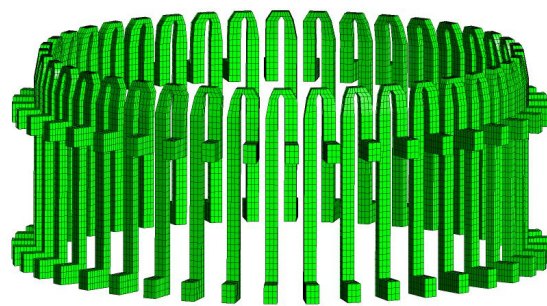
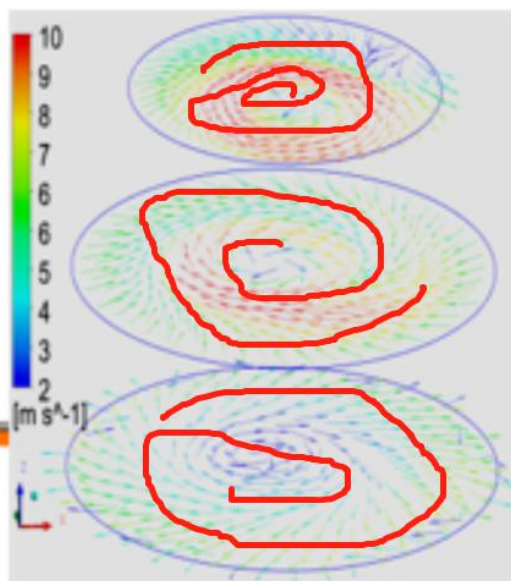
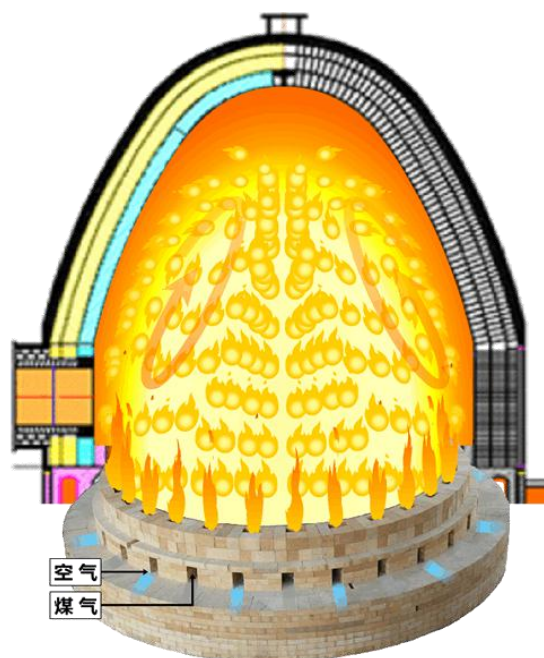
环形上喷燃烧器和悬链线组合。环形燃烧器的煤气和空气在设定一定流速向上喷射至拱顶再折返形成涡流，这是上喷混合燃烧热风炉技术的一个重要性能特征。

一、涡流起到稳定火焰作用，火焰不会随着燃烧强度的高度飘逸。

二、涡流会使煤气和空气通过快速上下运动的涡流充分实现搅混混合燃烧。

三、煤气、空气上喷折返进入涡流，涡流的内外流速差异使混合气体进入燃烧室中心集中高强度燃烧，燃烧的气体体积膨胀数倍而是烟气进入格子砖床面时分布均匀，提高格子砖的蓄热能力。

措施三：采用环形多孔小口径上喷气体动量差异对冲燃烧实现旋流重要特征



悬链线的流线拱顶和环形的煤气和空气对冲交错往拱顶上方喷射，由于煤气喷出动量大，空气喷出动量小，导致煤气将空气强制压偏，由于高速喷射的气流喷射进逐渐狭小的拱顶空间而形成激烈旋流，随着往下运行的空间逐渐扩大而旋流逐渐趋缓，使烟气流场逐渐均匀分布；

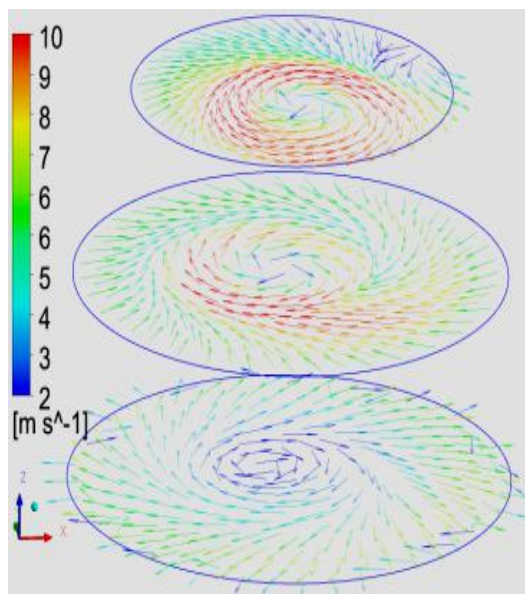
一、旋流起到二次强化煤气和空气搅混混合高强度燃烧；

二、调节烟气流场均匀分布，提高格子砖利用率提高风温；

三、可以自行调节煤气和空气流速不均匀的作用。由图片可以看出，上小下大的拱顶结构和旋流流场分布运行结构。

良好的旋流涡流使煤气和空气快速均匀混合完全燃烧，并致使烟气流场分布均匀，提高格子砖利用率，提高风温，提高效率，缩小拱顶温度与送风温差的其中两个特征。

措施四：采用环形多孔小口径上喷气体动量差异化旋流流场调节技术

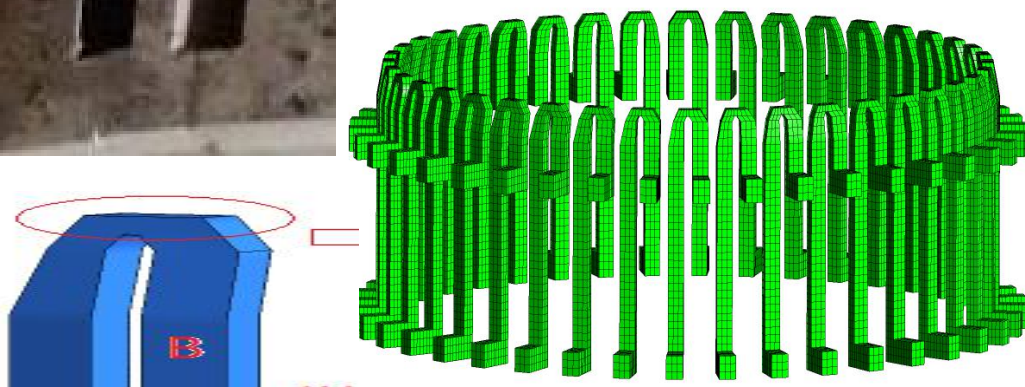
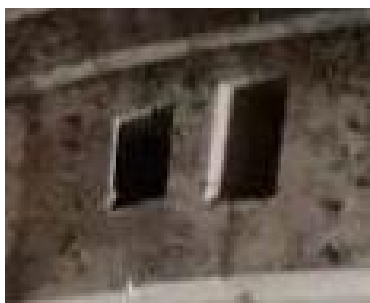


悬链线的流线拱顶和环形的煤气、空气交错对冲上喷往拱顶上方螺旋运行，这是因为设置的煤气喷出动量大，空气喷出动量小，在设置的对冲导致煤气将空气强制压偏形成螺旋流状，旋流到达顶部时旋流激烈，而折返下行时，旋流逐渐减弱；

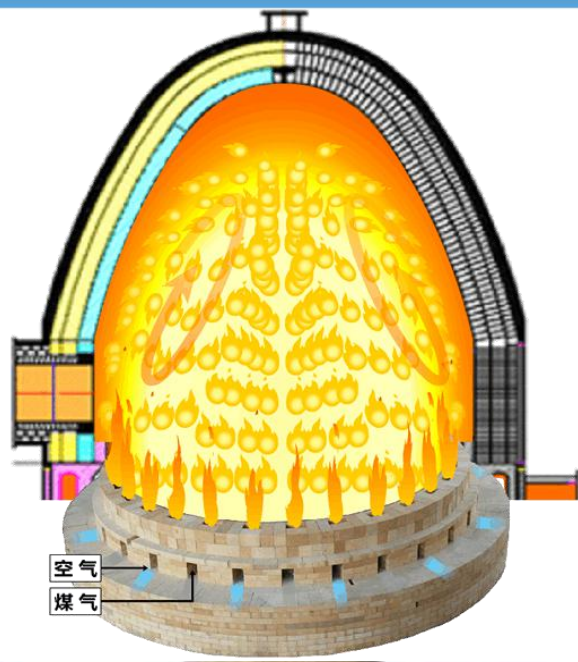
一、喷出的煤气、空气动量存在有差异，差异的煤气和空气上喷经过旋流可以调节流速均匀；

二、旋流自上而下随着燃烧通道的逐渐扩大而由激烈转变趋缓，使烟气流场分布均匀，提高格子砖的利用率。

三、旋流起到煤气和空气再次搅混混合而完全燃烧。



措施五：采用环形脱火气罩体自身辐射预热，提高理论气体温度强化燃烧



脱火的煤气和空气气幕状见红圈部分

上图是环形上喷燃烧器组合图和高温烟气运行示意图，而下面的照片是环形上喷燃烧器一个实验装置，从实验装置点火着火的形态来看，煤气和空气在喷出喷嘴后的一定高度处于脱火预混状态，这也是豫兴热风炉一个重要的核心技术特征，喷速太高不利于混合燃烧后所要的性能，速度太低所有性能无法实现且易回火。

一、形成上喷低温罩型气幕，罩型气幕下端为脱火未燃煤气和空气透明帘状，受燃烧室高温辐射自身预热，使未燃的煤气和空气温度提高数百度，提高燃烧温度（煤气提高100度，理论燃烧温度提高50度，空气提高100度理论燃烧温度提高35度）。

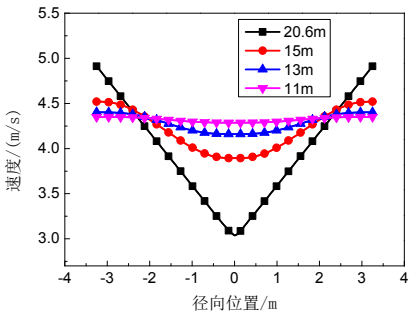
二、气罩上下部均呈低温状态，气幕罩将燃烧室高温和炉衬分隔开，保护悬链线拱顶炉衬不受高温冲刷和作用，确保稳定长寿。

三、环形上喷的高温气流对拱顶的温度分布均匀，不会出现拱顶局部裂缝和断裂。

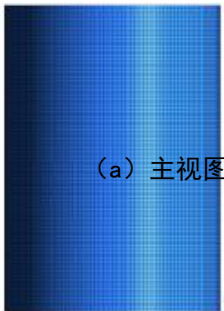
措施六：常规格子砖结构与高效格子砖结构数学模型蓄热换热性能分析对比

格子砖的格孔错台、涨缩二次错位易造成粉尘堆积堵塞，在常规格子砖的基础上解决前述问题，设置了互联互通孔孔互通新格子砖结构，可以解决因格孔错台、错位影响气流通过，缓解粉尘堵塞、强化格子砖的蓄热换热性能，提高格子砖利用率、提高风温、降低拱顶温度、缩小拱顶温度与送风温差，减少氮氧化物排放起到了重要作用。

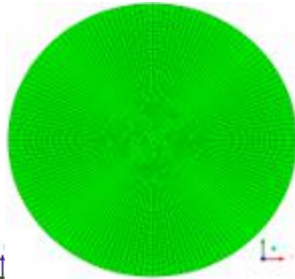
见下面新的格子砖结构照片，以19孔格子砖为例，19孔格子砖一个平面底部设计有15毫米深的联接18格孔的联通凹槽，当气流通过格砖19个孔径时，由于流动的阻力和压力的作用，其气流会在联通的18个凹槽区域做均匀调节作用，放大到整个蓄热室，就是成为互联互通均压均流床平面状态。委托北科大程树森教授课题组做了数学模型计算，结果流场起到了自行很好的调节作用，这为蓄热换热性能得到倍数以上的提高，缩小了拱顶温度和送风温差，降低拱顶温度，减少了氮氧化物生成，起到减氮排放目的。



均压均流格子砖不同高度处的速度分布

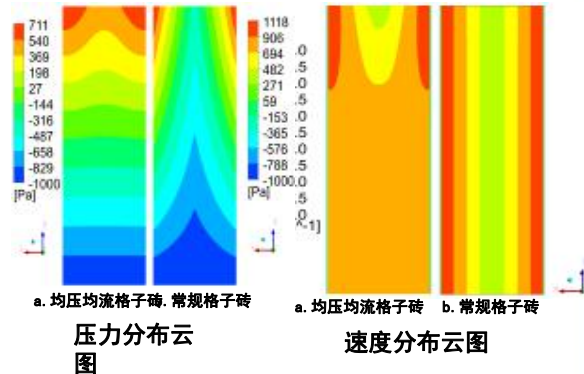


(a) 主视图



(b) 俯视图

蓄热室参数



a. 均压均流格子砖. 常规格子砖

a. 均压均流格子砖 b. 常规格子砖

压力分布云图

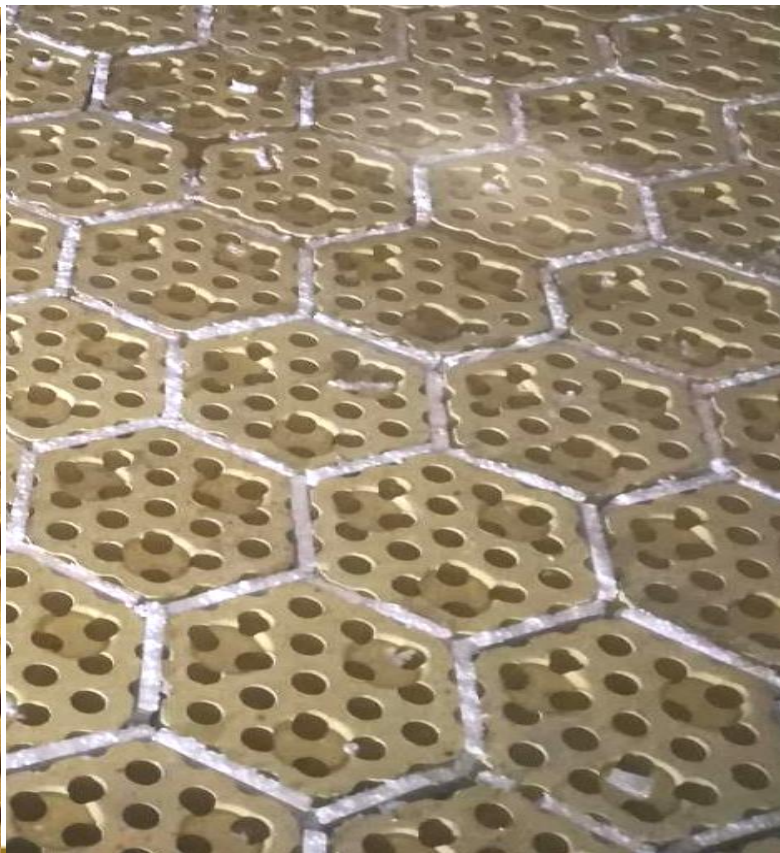
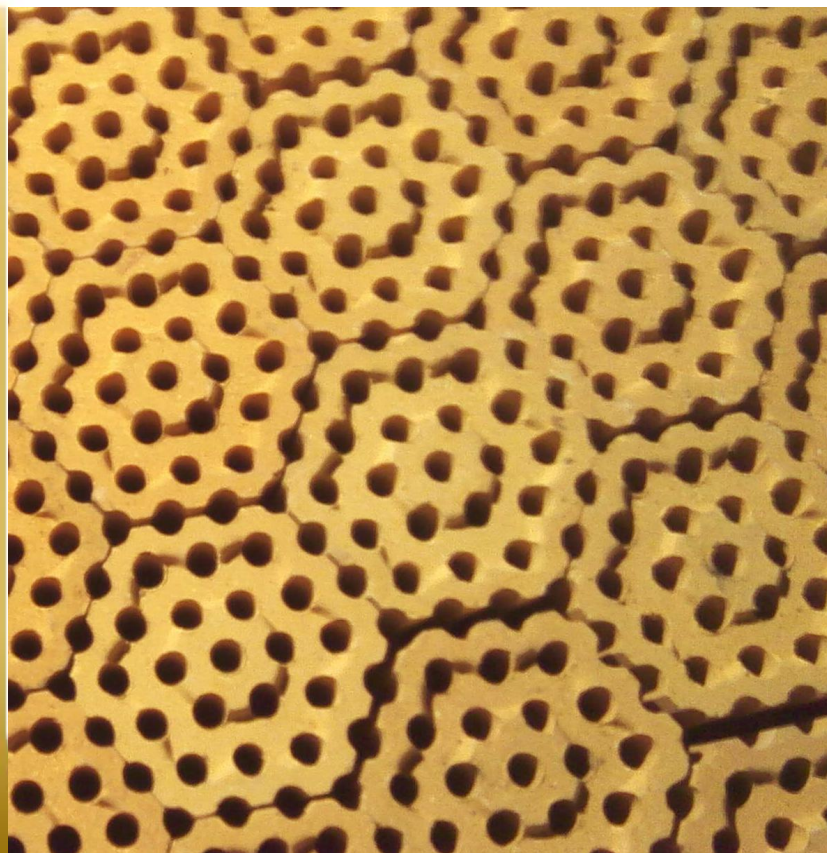
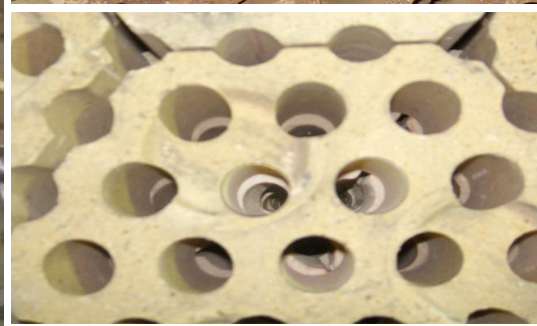
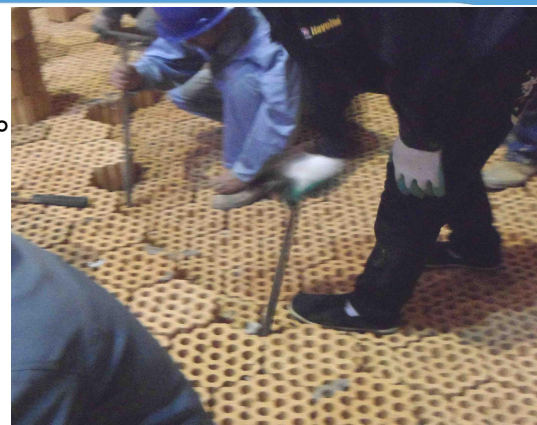
速度分布云图

蓄热室高度/m	蓄热室内径/m	格子砖活面积m ² /m ²	格孔直径/mm
20.6	6.8	0.36	30

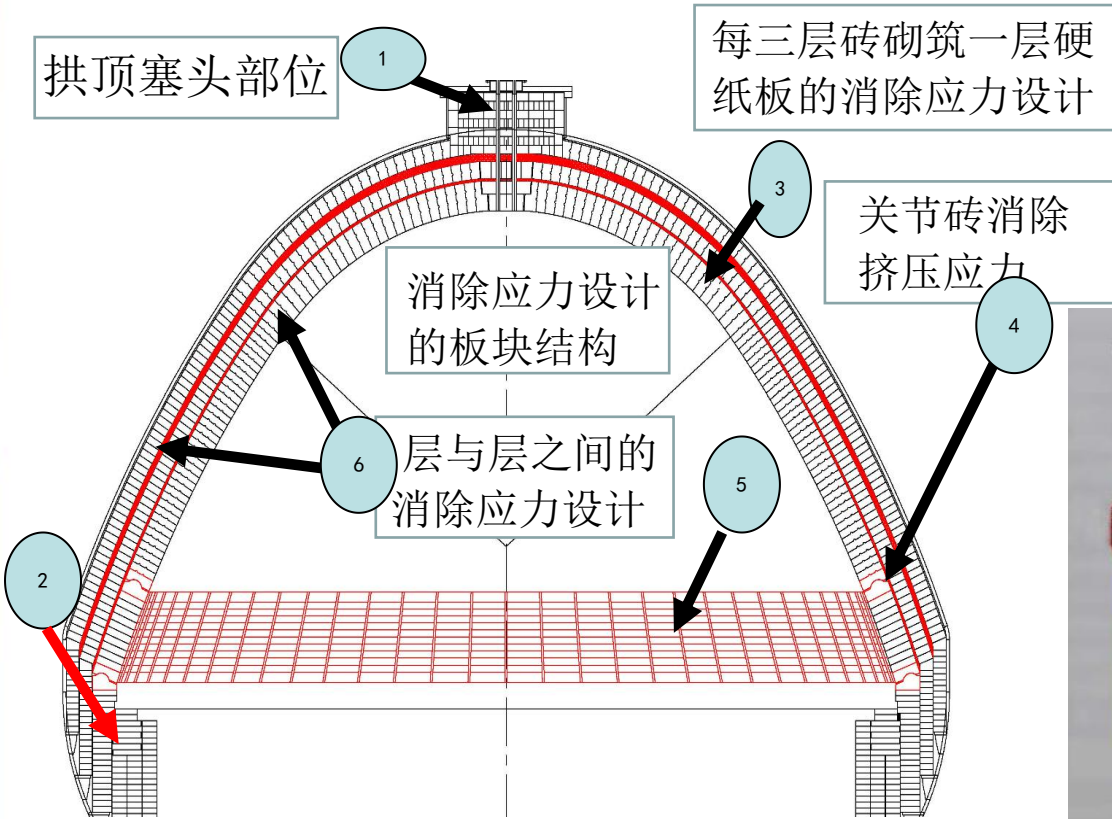
措施七：自行均匀调节烟气流场和冷风流场高效格子砖结构的实践应用

新优化的格子砖结构，于2009年投入到生产实践中得到了大量的应用。通过风温和氮氧化物排放得到了明显的效果验证。目前在全国应用很广泛。均压均流互通互联格子砖特性：

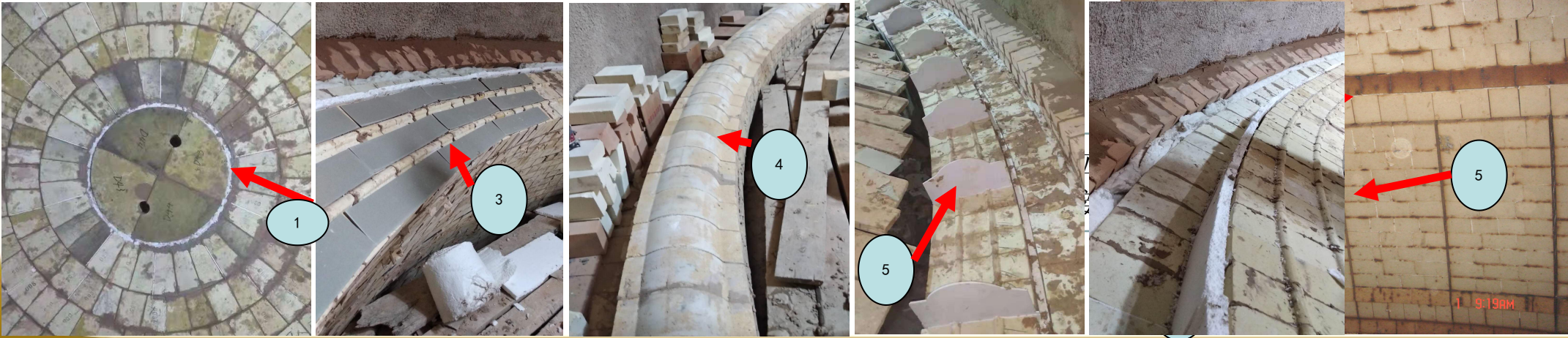
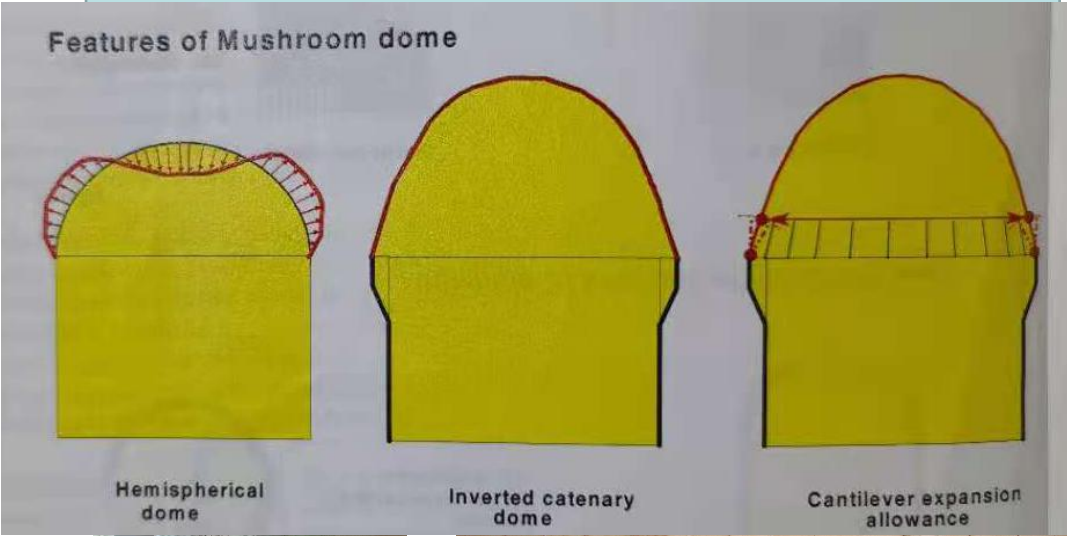
- 一、自行调节烟气流场均匀分布；
- 二、自行调节冷风流场均匀分布；
- 三、缓解粉尘堵塞；保持格孔畅通，延长格子砖使用寿命；
- 四、通气率100% 。



措施八：悬链线高温燃烧室结构的稳定长寿是确保实现低氮燃烧核心技术

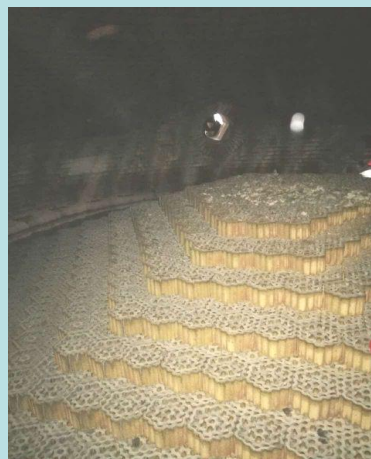
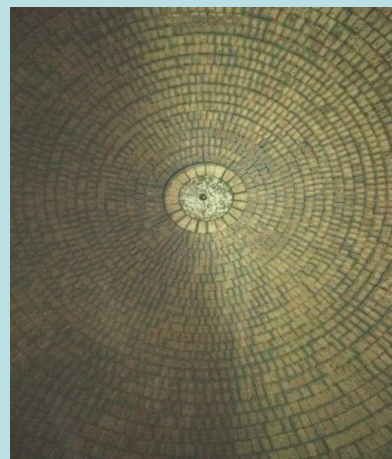
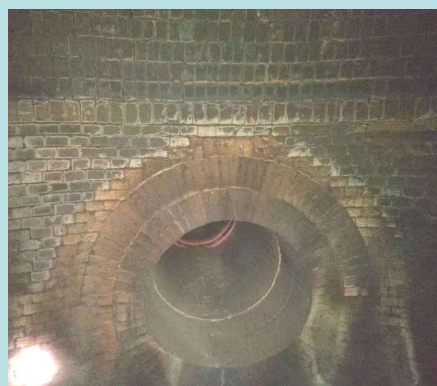
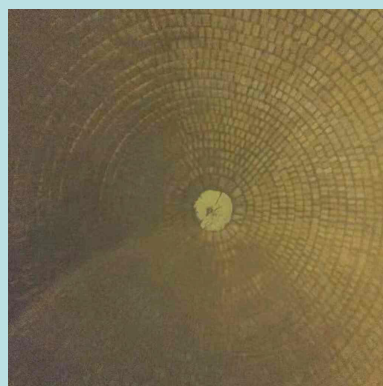
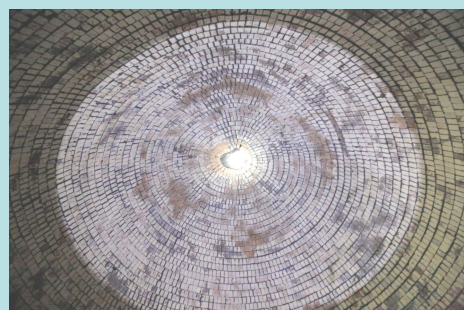


判定热风炉技术是否具有性价比最佳、回报率最高，寿命最长能实现持续的稳定高温，关键在于燃烧室高温区域的拱顶结构，生产实践证明，悬链线拱顶结构可以在风温1250-1280度工况环境下实现50年寿命就是最廉价的低氮技术



措施九：悬链线燃烧室拱顶结构的高温稳定长寿的实践验证

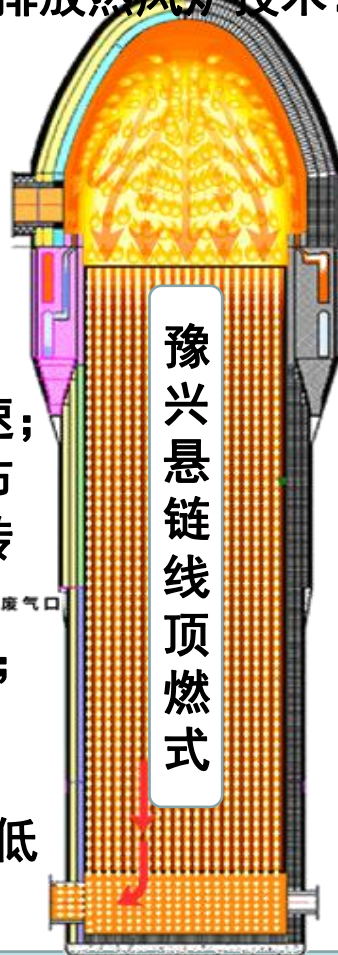
悬链线拱顶结构和环形燃烧器组合形成的燃烧室结构经过400多座悬链线顶燃式热风炉十几年的使用验证：1、悬链线拱顶结构稳定；2、燃烧器喷嘴结构稳定；3、热风出口结构稳定；4、蓄热室大墙结构稳定；5、格子砖结构稳定。上述结构均如投用初期状态。下列照片江鑫、瑞丰、通才1080-1800m³高炉配套悬链线顶燃式热风炉使用十几年后的状态。



豫兴热风炉技术的改进、发展是国内外专家、学者集思广益结晶

综合性能实现低氮排放热风炉技术：

- 1、悬链线拱顶；
- 2、环形对冲上喷；
- 3、自身气幕预热；
- 4、涡流均混；
- 5、旋流均速；
- 6、膨胀均流场；
- 7、恰当的气流流速；
- 8、高温对拱顶均布
- 9、孔孔互通格子砖
- 10、冷风流场自调
- 11、烟气流场自调；
- 12、高效率；
- 13、高温；
- 14、空气过剩系数低
- 15、超大功率燃烧



豫兴悬链线顶燃式热风炉技术得到国际国内知名专家、学者、大型钢铁企业和冶金设计院的认同和高度评价，累积应用案例643座。



汤清华总工



王筱留教授



宝钢湛江钢铁公司



印度JSW钢厂



印度埃莎钢厂



中冶南方



马钢炼铁厂



首钢集团公司



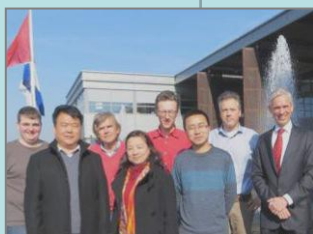
鞍钢炼铁厂



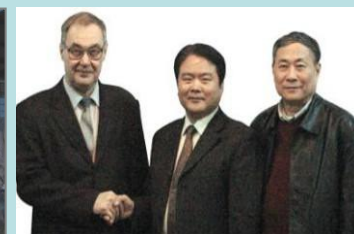
中冶赛迪



西门子奥钢联



达涅利公司



俄罗斯卡卢金



中冶京诚



印度麦糠董事长及总经理合影

氮氧化物（NO_x）超低排放顶燃式热风炉技术在山西建龙的实践应用

经典案例：1号高炉配套的3座豫兴悬链线顶燃式热风炉，由河南省豫兴热风炉工程技术有限公司EPC总承包，于2019年12月18日建成投产。在使用单一高炉煤气条件下，设计送风风温不低于1250℃，拱顶温度不高于1350℃，单炉送风60min，采用“两烧一送”交错并联送风制度，设计氮氧化物排放低于50mg/m³，设计使用寿命20年。1号高炉热风炉主要设计参数见下表。

时间	混风前温度℃	送风温度℃	拱顶温度℃	氮氧化物排放值 mg/m ³
2020年1月	1302	1246	1327	28.67
2月	1305	1248	1329	27.38
3月	1310	1252	1335	26.93
4月	1316	1255	1339	25.85
5月	1313	1251	1338	28.43
6月	1318	1255	1341	27.31
7月	1318	1253	1340	26.94
8月	1310	1248	1331	24.79
9月	1313	1251	1336	22.76
10月	1310	1242	1326	21.87
11月	1300	1230	1315	25.53
12月	1281	1216	1302	27.13
2021年1月	1295	1228	1309	28.16
2月	1298	1231	1313	28.35

实测十座高炉悬链线热风炉NO_x排放量（20-45mg）报告（部分）

高炉热风炉氮氧化物测试报告

报告编号 HNRAT[2019]第 0604-06 号

单位名称	澳森钢铁	检测日期	2019.6.8
设备名称	7#高炉热风炉	设备型号	豫兴旋流交错顶燃式热风炉
设备编号	燃烧期的1#热风炉	检测标准	河北省《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB13/1640-2012)
参加测试人员	梁新春、梁家华		
检测仪器	检测方法 及方法来源	定点位电解法 HJ 693-2014	
	使用仪器型号	崂应 3012-H 自动烟尘烟气测试	
	仪器编号	RAT-ZCQ-04	
	检出限	3mg/m ³	
采样地点	热风炉排烟烟筒监测孔		
检测时间	检测时间	氮氧化物浓度 mg/m ³	含氧量 (%)
	18:03	36	2.9
	18:13	37	2.1
	18:23	33	2.8
	18:33	40	1.4
	18:43	37	2.2
	18:53	37	1.7
均值		37	2.2

安特环测技术有限公司



高炉热风炉氮氧化物测试报告

报告编号 HNRAT[2019]第 0604-07 号

单位名称	河北纵横集团丰南	检测日期	2019.6.10
设备名称	4#高炉热风炉	设备型号	豫兴旋流交错顶燃式热风炉
设备编号	燃烧期的1#热风炉	检测标准	河北省《工业炉窑大气污染物排放标准》(DB13/1640-2012)
参加测试人员	梁新春、梁家华		
检测仪器	检测方法 及方法来源	定点位电解法 HJ 693-2014	
	使用仪器型号	崂应 3012-H 自动烟尘烟气测试	
	仪器编号	RAT-ZCQ-04	
	检出限	3mg/m ³	
采样地点	热风炉排烟烟筒监测孔		
检测时间	检测时间	氮氧化物浓度 (mg/m ³)	含氧量 (%)
	11:47	34	2.5
	11:58	39	2.5
	12:09	38	2.4
	12:17	38	2.3
	12:28	35	2.2
均值		37	2.4

安特环测技术有限公司



高炉热风炉氮氧化物测试报告

报告编号 HNRAT[2019]第 0604-10 号

单位名称	瑞丰钢铁	检测日期	2019.6.11
设备名称	3#高炉热风炉	设备型号	豫兴旋流交错顶燃式热风炉
设备编号	燃烧期的 2#、4#热风炉	检测标准	河北省《工业炉窑大气污染物排放标准》 (DB13/1640-2012)
参加测试人员	梁新春、梁家华		
检测仪器	检测方法 及方法来源	定点位电解法 HJ 693-2014	
	使用仪器型号	崂应 3012-H 自动烟尘烟气测试	
	仪器编号	RAT-ZCQ-04	
	检出限	3mg/m ³	
采样地点	热风炉排烟烟筒监测孔		
检测时间	检测时间	氮氧化物浓度 (mg/m ³)	含氧量 (%)
	11:45	34	3.6
	11:55	32	3.3
	12:06	36	2.7
	12:15	32	3.5
	12:26	36	3.2
	12:36	37	1.6
均值		35	3.0

安特环测技术有限公司



激活 Windows
转到“设置”以激活 Windows

豫兴热风炉

{ 专注节能、低碳、长寿、高温技术研究 }



热风炉结构优化与设计、砌筑、操作及注意事项



豫兴热风炉实现业绩643座、通才热风炉创造了中国月均1314.7℃高温纪录

有依据证明综合使用寿命大于30年、测试十座高炉热风炉氮氧化物排放20-45毫克

忽视热风炉安全氮气吹扫及程序，会使热风炉严重损坏和垮塌

任何一种热风炉系统都必须设置氮气吹扫程序，氮气吹扫的主要目的是将环道中残存的煤气进行稀释而不具备点燃起爆的条件。因此，氮气吹扫是热风炉稳定长寿高温的关键。

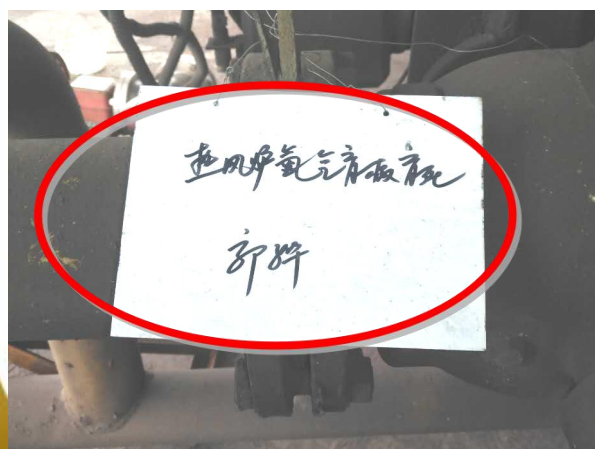
反复强调这一重要程序，但效果甚微；再次重申：不同的热风炉技术吹扫要求差异很大；

一、内燃式热风炉的氮气吹扫设置是把煤气闸阀和燃烧阀关闭，打开放散阀，打开氮气吹扫阀门，压力4-6公斤，吹扫2-3秒钟；

二、卡卢金顶燃式热风炉的氮气吹扫设置是把煤气燃烧阀打开、闸阀和切断阀、调节阀关闭，关闭放散阀，打开氮气吹扫阀门，压力4-6公斤，吹扫30-40秒钟；

三、豫兴顶燃式热风炉的氮气吹扫设置是把煤气燃烧阀打开、闸阀和切断阀、调节阀关闭，关闭放散阀，打开氮气吹扫阀门，压力4-6公斤，吹扫60-90秒钟。

这三种类型的热风炉的氮气吹扫程序只是氮气吹扫程序的一部分。详细程序另行探讨。



热风阀门漏水对热风炉蓄热室大墙、格子砖、炉算子的损坏

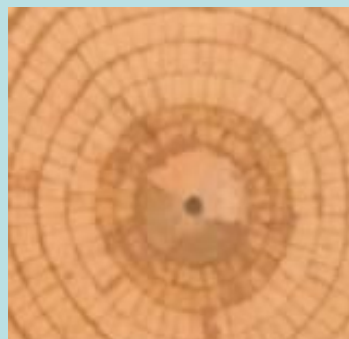
热风炉的规范操作和管理责任是决定热风炉寿命的根本。下列案例是唐山某钢铁公司1080m³高炉热风炉阀门损坏漏水导致大墙和格子砖严重损坏，这是失去监管的严重责任事故，照片中清晰的看到，热风出口上部和上部拱顶耐材完好无损状态下，阀门损坏大量冷却水进入炉内导致没有热震性能的硅质大墙砖严重损坏，硅质格子砖完全碎裂，高温下移烧坏炉算子经典案例。因此，使用硅砖的高风温热风炉必须时刻监控阀门损坏状态，避免严重漏水导致热风炉严重损坏。



热风炉核心部件的高质量砌筑和耐材选择是使用寿命的关键

稳定、长寿、高温热风炉更需要有丰富经验的砌筑专家砌筑，否则，就会像右边照片一样，在实现一定时间段高温后，泥浆脱落、灰缝增大，一定会出现漏风、炉壳高温、砖体脱落。只要有砌筑经验，这些砌筑质量问题是可以避免的（右照片是唐山公司热风炉拱顶砌筑）。

下面的照片是使用十年后的悬链线拱顶砌筑质量好的照片。

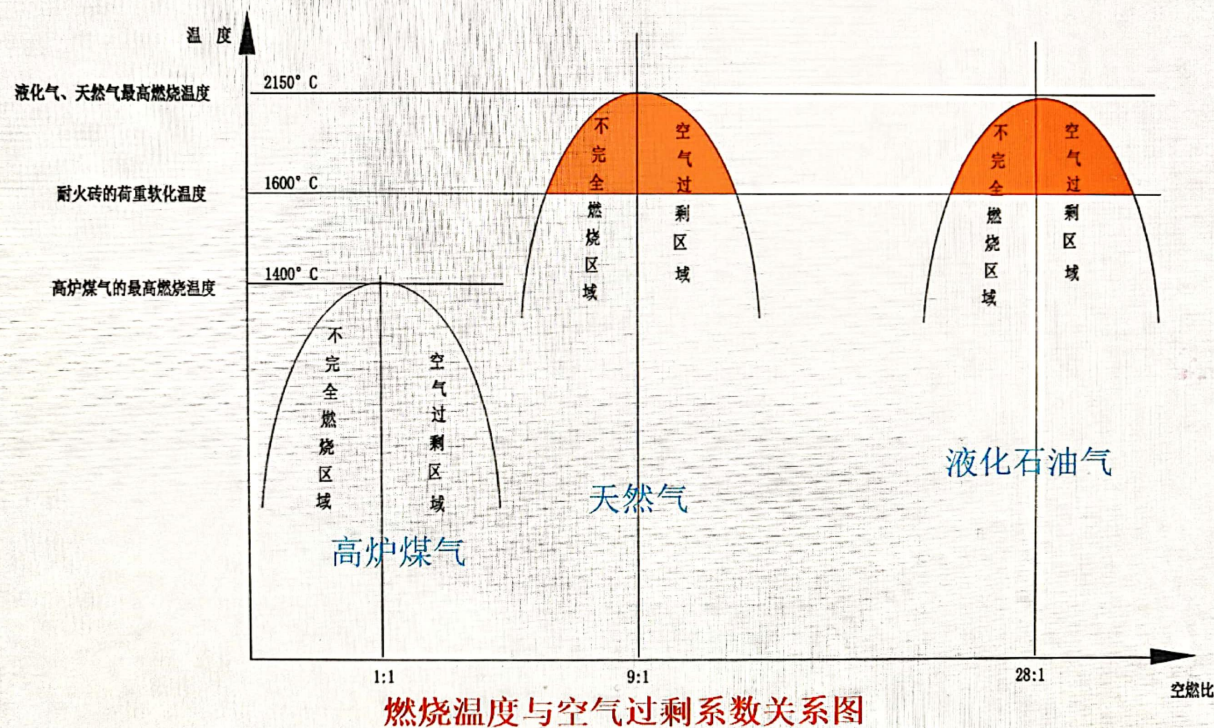


依据耐材热膨胀率精细计算设计，避免耐材热应力损坏炉壳

高风温热风炉的燃烧室一般都采用具有耐高温、寿命长、但具有体积高膨胀系数的硅砖做内衬材料。设计时，根据硅砖的膨胀系数进行计算均预留足够的涨缩缝隙、尤其炉壳和炉衬之间的膨胀量必须填充耐火纤维棉进行吸收，理论设计均不会存在问题。大多数因为砌筑经验不足或者没有硅砖砌筑经验，或是没有按照设计要求把好砌筑质量关，使应有的缝隙，由于砌筑不规范或责任不到位，将预留膨胀缝隙挤压，结果就会造成如图一样，会使炉壳严重损坏。



绝对不可疏忽的热风炉烘炉技术对热风炉结构稳定长寿影响



以天然气、焦炉煤气、转炉煤气和高炉煤气不同热值的燃料进行烘炉，如果技术不过关，方法不得当，结果差异非常大。以天然气为例，从人孔架烧嘴进行热风炉烘炉的方式存在重大危害，炼铁人要慎重选择具有一定技术经验的烘炉师进行管控烘炉，否则，就会把热风炉烘坏或者报废。这种烧烘炉方式极易造成炉床上部格子砖高温变形甚至完全失去透气性。原因是人孔与炉床太近，烧炉的负荷很大，天然气无法与空气均匀混合，容易进入炉床内部不完全燃烧。

注意；高炉煤气的热值3200千焦左右、转炉煤气热值8000千焦左右，焦炉煤气热值18000千焦左右。

热风炉本体与支管支座设计限制膨胀损坏炉壳缺陷

近期，我和程树森教授一起去了唐山四家钢铁厂分别进行调研配套豫兴热风炉使用情况，发现了不少配套系统设计缺陷；其中解决热风炉本体的自行往上膨胀与支管的切向膨胀支撑座设计，各设计院理念不同：例计划投产的2300m³高炉热风炉本体与支管采用弹簧支座，可以使支管上下左右前后自行微调移动（见下左一照片）；而另一个烘炉的2030m³高炉热风炉设计的弹簧支座有别于左一（见中间照片），该支座的上下部均采用螺丝杆固定，上部与支管焊牢，导致热风炉向上切向膨胀时将座底筋板全部拉断；右边照片是把解决热风炉与支座切向膨胀的部位用抱箍将支管与支座与框架焊牢为一体，导致了热风炉上涨将热风出口部位护板和炉壳局部拉裂（见右照片支座加抱箍）。同时，还发现2030m³高炉热风炉的氮气吹扫程序完全被修改。采纳为传统内燃式氮气吹扫程序。氮气吹扫不规范或不使用氮气吹扫程序已经出现了很多频繁剧烈爆震损坏热风炉现象。



传统顶燃式热风炉切割炉壳改造为悬链线顶燃式结构实践



3200m³级别大型高炉内燃式结构优化改进为悬链线顶燃式结构实践



传统顶燃式热风炉存在结构设计缺陷及其优化改进

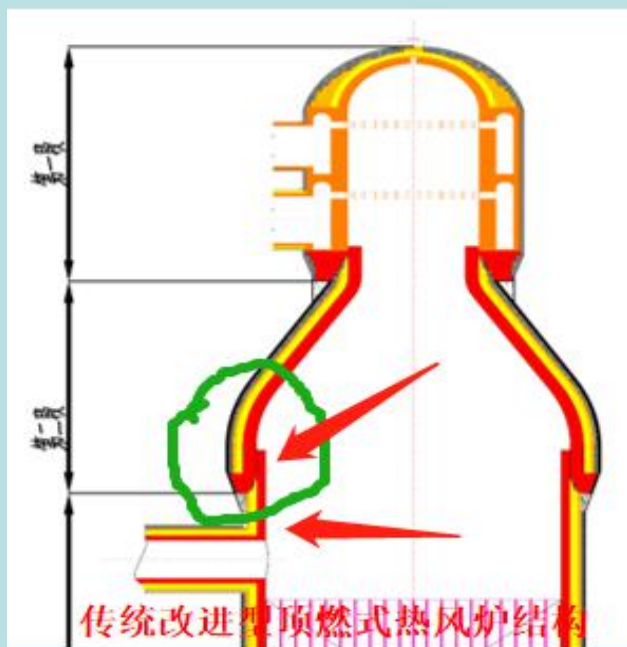
结构存在应力集中易导致热风出口和拱顶结构损坏和垮塌，炉壳开裂。

传统顶燃式热风炉燃烧室存在应力集中设计缺陷，这样的设计会因炉壳焊接椭圆、砌筑不规范导致纤维棉局部严重压缩、炉壳计算超薄、炉壳材质选择失误造成。其损坏率高达90%以上。因此，消除应力存在，选择合适炉壳材质，砌筑规范，炉壳焊接规范可以解决这些问题，但做起来太难。因此，设计结构缺陷优化才能彻底避免。



传统顶燃式结构优化改进为四段式顶燃式结构的设计改造实践

通过和传统顶燃式热风炉燃烧室结构相同的稳定长寿新日铁热风炉结构对比，新日铁燃烧室结构具有30-40年的高温使用寿命这一特点，说明了传统顶燃式热风炉燃烧室确实存在应力集中设计缺陷，依据新日铁燃烧室结构优化传统结构，取得了很好的改进效果，得到了乐亭、中铁装备、津西、九江等2000-3000m³高炉项目部的认同和采用。



中铁装备3X2500

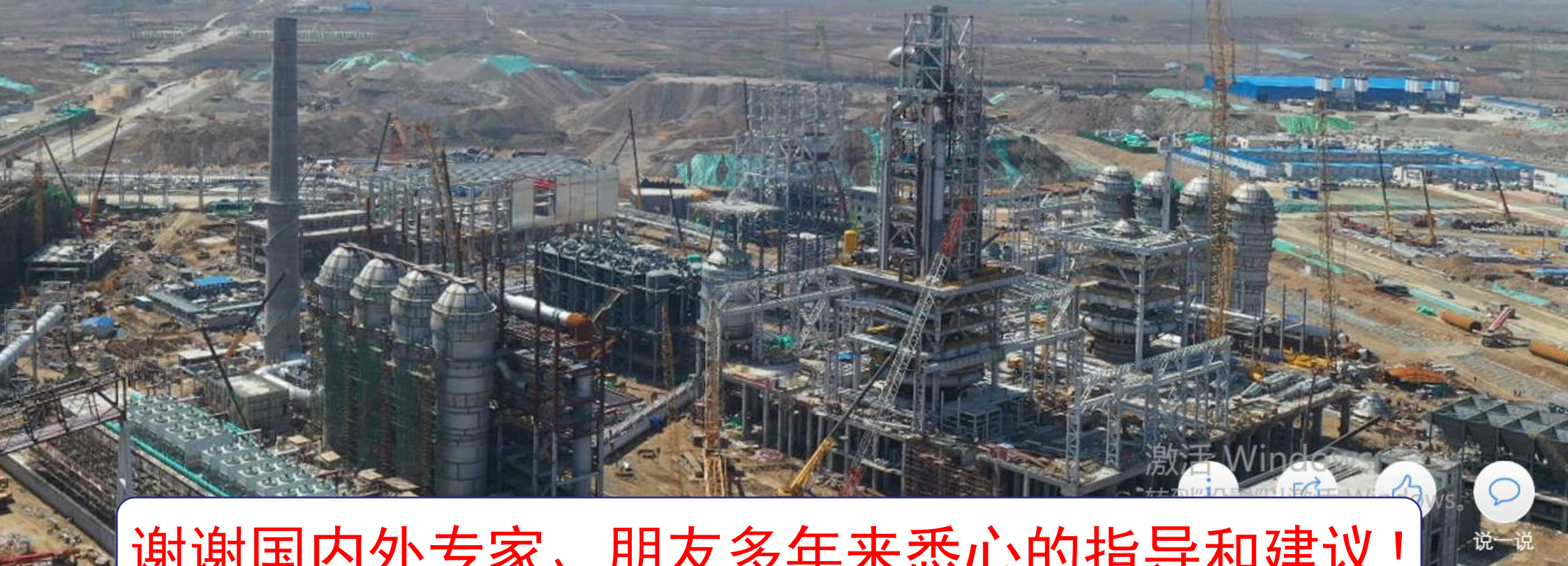


河钢乐亭2922



内蒙远联1416

中铁装备3X2500



谢谢国内外专家、朋友多年来悉心的指导和建议!

