

炼铁热风炉技术发展与碳减排（二）

炼铁热风炉工艺技术突破—外均压技术

王长春（北京卡卢金热风炉技术有限公司）

一、 技术背景

在热风炉“烧炉”结束后，热风炉炉内压力接近大气压力，而在“送风”阶段，其压力为冷风压力（0.25Mpa~0.55Mpa），因此，从“烧炉”到“送风”，需要为热风炉进行充压，这样才能顺利开启热风阀和冷风阀。

现行方法一般是用连接冷风管的充压管对热风炉进行充压，冷风管的压力来自于高炉鼓风机，因此，该方法会引起高炉入炉风压、风量的突然变化，影响高炉炉况的稳定性，即使高炉鼓风机为此增加了“定压充压”功能，但这种隐患并没有消除。因此，在实际操作中，通常是由高炉炉长决定热风炉何时换炉。这种方法的弊端之一是不能彻底消除热风炉换炉对高炉生产的影响，其二则是对热风炉自身“顺行”带来不利影响，热风炉很难实现“自动换炉”。

国内有一些钢企采用了热风炉之间的“自均压”技术（也称“热均压”），这种“自均压”技术是指：热风炉从“送风”切换至“烧炉”模式时的压力不排入烟道放散，而是通过放散管道将压力转移到将要从“烧炉”切换至“送风”模式的热风炉，实际是借用一座热风炉的送风压力来为第二座将要进行送风的热风炉充压，但这个过程并不完全，之后，需要充压的热风炉还必须按照常规的方法继续充压，需要放散的热风炉的剩余压力也必须按照常规的方法进行放散。“自均压”技术的优势是：可以回收废风余热，降低了在换

炉期间的鼓风压差、缩短了后期利用鼓风进行补压的时间，取得了较好的经济效益。应用这种“自均压”技术的必要条件有二：一是必须是四座热风炉，二是只能在“两烧两送，交错并联”时、且有两炉同时换炉的情况进行，也就是在“自均压”的时候热风炉系统只有单炉送风，因此，“自均压”期间鼓风仍然存在压力波动的情况（由于单炉、双炉送风的风阻不同）。

“自均压”技术的缺陷来自于其没有能够彻底摆脱鼓风机充压，我们把完全消除热风炉换炉对高炉鼓风的影响、采用独立气源为热风炉充压的方法称之为“外均压”，只有“外均压”才能最大程度地消除热风炉操作对高炉鼓风的影响，同时又可最大程度地发挥热风炉系统的功能。

“外均压”技术对于热风炉系统工艺来说，其革命性的意义不仅在于可以实现全自动化操作、缩短充压时间，从另一个角度来看，热风炉系统可以视为独立的加热单元，高炉对热风炉工艺系统的要求仅限于稳定地把冷风加热到要求的风温，新一代热风炉技术将沿着这个路线向全面“节能减排”、“降耗增效”的方向发展。

二、技术原理和应用

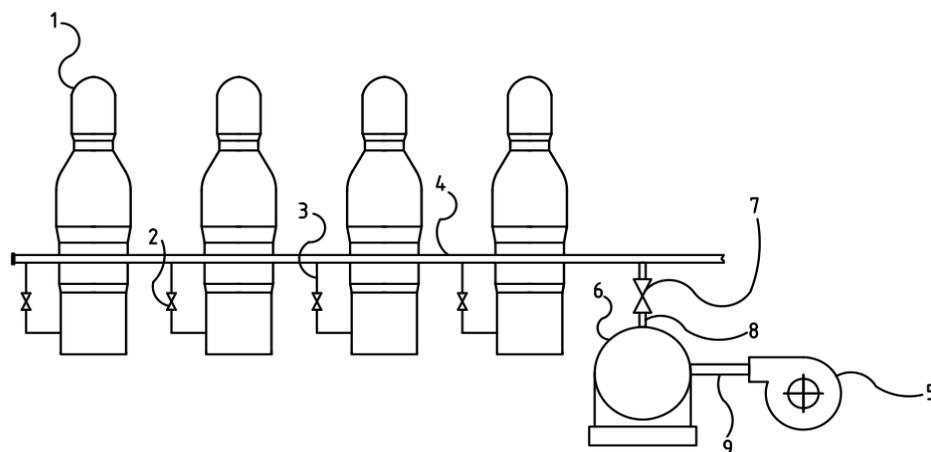
1) 基本原理：

“外均压”技术是指采用独立的储气罐（或其它形式压力容器）内的高压空气为热风炉充压，即：当热风炉从烧炉期换为送风期之前，由储气罐通过专门设置的管道为热风炉充压。储气罐可以为1座也可以同时为2座热风炉充压，适用于3座热风炉的情况也适用于4座热风炉的情况；在热风炉组不需要充压的时间里，储气罐依靠空气压缩机补充高压空气。热风

炉充压模式可以在“冷风充压”、“自均压”、“外均压”等方式之间进行切换，优先使用“外均压”。

2) 主要配置和工作原理

外均压系统由储气罐（优选球罐）、空压机及充压管路组成，如下图所示。



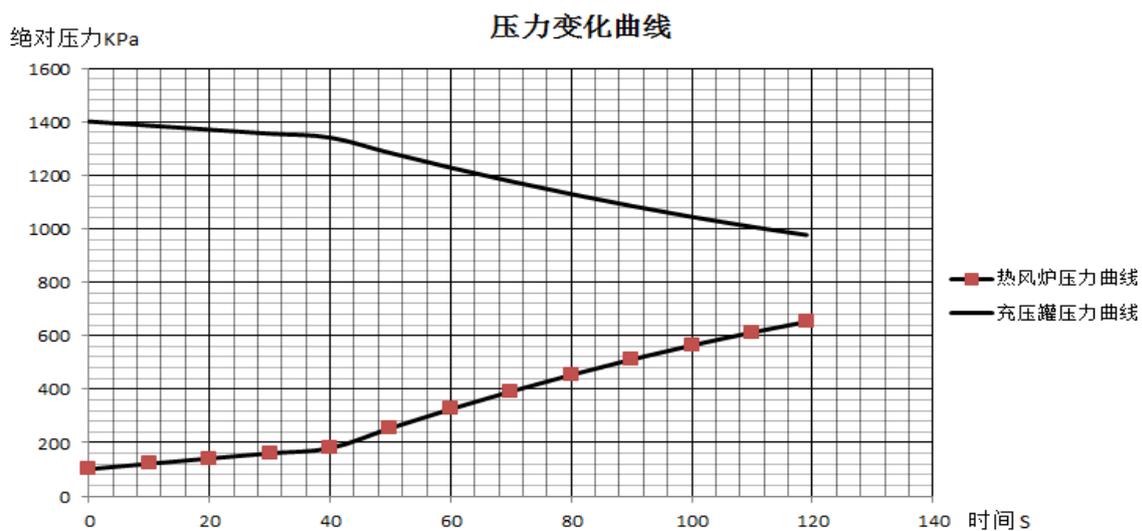
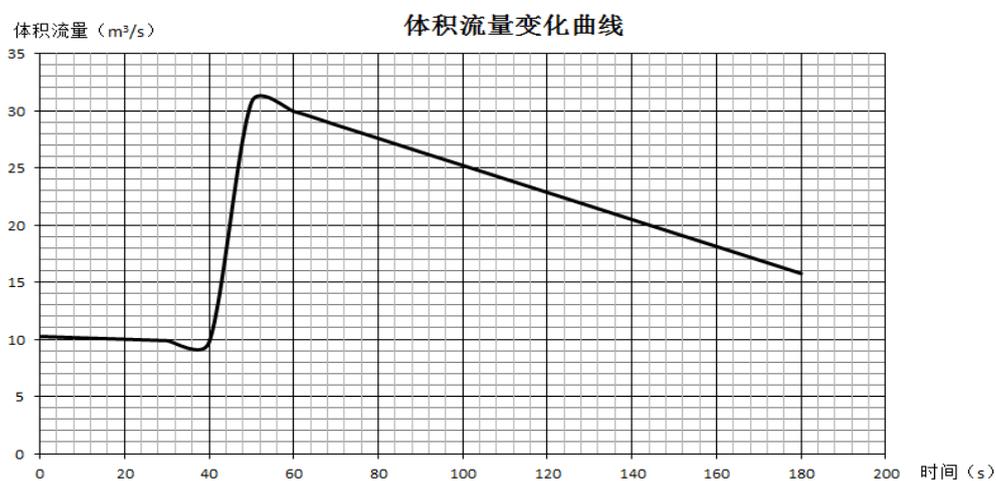
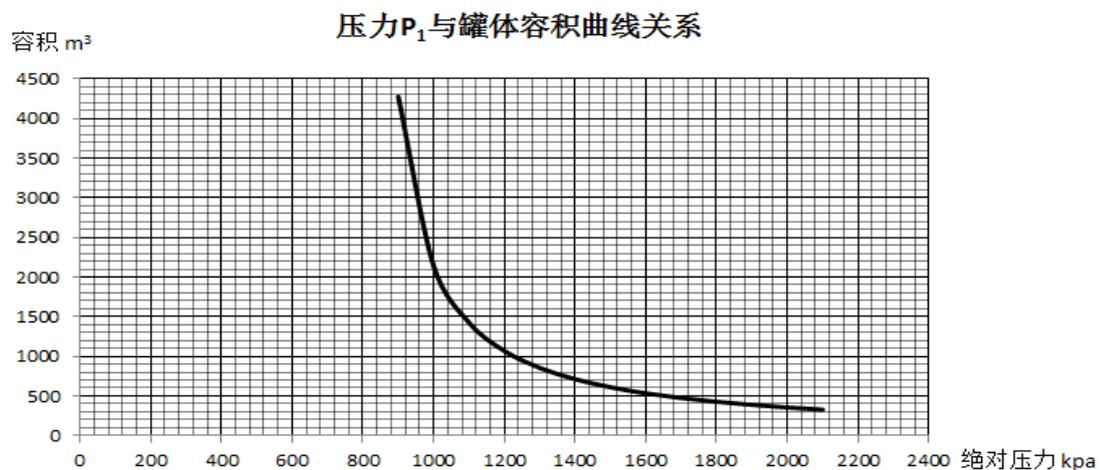
1--热风炉 2--充压阀 3--充压支管 4--充压主管 5--空压机 6--高压储气罐 7--储气罐排放阀 8--排放管 9--补气管

每座热风炉都设有单独的充压支管和阀门，当一座热风炉需要充压时，开启对应的阀门即可实现充压。由于热风炉换炉是依次间隔进行，储气罐在换炉间隔期间通过空压机充满，在规定工艺时间对一座热风炉完成充压。

也可以单独使用充压鼓风机为热风炉提供充压风，相比之下，使用储气罐的优点在于：在每两次换炉（充压）的间隔时间内，空压机有足够的时间为储气罐充压、直至充满到需要的压力，这样只需要选用功率比较小的空气压缩机即可，减少了设备上的投资。空气压缩机的修护和运行费用远远小于鼓风机，进而减少了整个系统运行费用。从另一方面来说，储气罐还可以作为炼铁厂厂区高压空气气源的补充单元或者稳压单元。

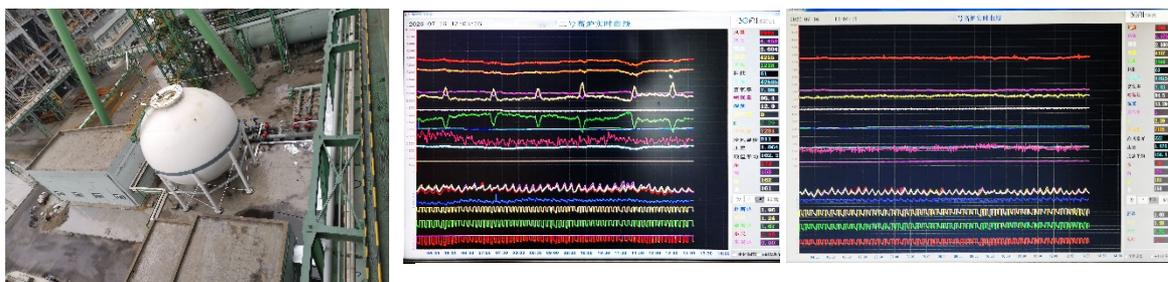
“外均压”采用“分级降压、分段充压”的方式，所谓分级降压，是指分级将储气罐里的高压空气的压力降低到与冷风压力接近的水平；所谓分段充压，是指前期采用小的空气流量充压、中后期则采用恒压、恒定流量的充

压方式。气罐的设计原理和充压模式如下图。



3) 实际应用

2019年4月投产的5500m³高炉卡卢金热风炉系统采用了“外均压”技术，并且首次采用了卡卢金原创热风炉自动化操作程序，“外均压”系统运行正常，充压时间缩短到~200秒，热风炉换炉操作对高炉鼓风压力无影响，如图所示。



等炉容 5500m³ 高炉操作参数曲线，左侧为 2 高炉 右侧为新建 3 高炉

三、技术特点

- (1) 避免了因为送风和充压共同使用冷风而对鼓风产生的压力波动。
- (2) 对于具有“定压充压”功能的高炉鼓风机来说，可以提高高炉鼓风风量。
- (3) 缩短了换炉时间。

“外均压”系统可使充压时间缩短二分之一以上，这样就可以增加烧炉时间，提高风温，进而提高了热风炉的使用效率。

(4) 借助“外均压”技术，热风炉可以实现“自动烧炉”、“自动换炉”的全自动化操作（“一键式”操作）。

通过全过程自动化技术增效节能是降低工业炉窑运行能耗、从而实现减排增效的有效途径，“外均压”技术打通了热风炉全流程（“烧炉”、“换炉”、“送风”）自动化控制技术的工艺瓶颈，全流程自动化控制技术能够针对燃料供给波动和不同热风炉运行状况的差异进行精细调节和优化，从而大大

降低煤气消耗和维护成本，实现标准化操作，消除人为操作失误风险。

(5) “外均压”技术的经济效益主要体现在：通过自动化控制技术降低煤气消耗量；增加了烧炉时间有利于提高风温；对于具有“定压充压”功能的高炉鼓风机来说，可以提高高炉鼓风风量。

四、“外均压”和热风炉工艺技术进步

高炉炼铁工序 CO₂排放量占比达到 74%，因此 CO₂减排需从高炉炼铁切入，而热风炉是高炉煤气的最大用户，在当下，热风炉工艺环节实现碳减排的重要途径之一是通过全流程自动化控制技术实现节能和提高能效，降低煤气消耗量，而“外均压”技术则是热风炉工艺实现全流程自动化控制技术的一把钥匙。

“外均压”技术在 5500m³ 高炉热风炉系统中成功应用为实现工艺全流程自动化控制迈出了关键一步，所有炉容级别的高炉热风炉系统都可以采用“外均压”技术，可以预期的一些技术突破还包括：高风温热风炉不一定建设得那么高大昂贵，热风炉系统的建设成本将大幅度降低；热风炉系统热耗降低、效率提高等。

五、总结

“外均压”是指采用独立的储气罐（或其它形式压力容器）内的高压空气为热风炉充压，即：当热风炉从烧炉期换为送风期之前，由储气罐通过专门设置的管道为热风炉充压。

“外均压”技术在 5500m³ 高炉热风炉系统中成功应用的意义重大，这证

明了热风炉系统换炉操作与高炉鼓风实现彻底隔离是可行的、并且效果显著，适用于各种炉容级别的高炉热风炉系统，有利于进一步实现热风炉工艺全流程自动化控制。

高炉热风炉工艺实现碳减排的工艺路线很明确，就是通过热风炉系统全流程自动化控制技术实现“提高能效、降低能耗”，除此之外，“外均压”技术还将引发热风炉工艺的一系列技术进步，包括可能进一步减小炉体尺寸、降低建设成本、减少建设材料消耗（从另一方面说也是降低热风炉建设过程中的碳排放）、提高热风炉效率等。

2021-05

(全文完)