

炼铁热风炉技术与碳减排（三）

----带外均压装置的热风炉系统

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，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；在相对应的操作中，在“送风”结束后、“烧炉”开始前，热风炉要放散，待炉内压力与烟道压力平衡后才能打开烟道阀。

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，这种由来已久的工艺方法看似节省了充压设备，但同时会带来两个重要的工艺问题：一是鼓风机用“储备”的能力或者减少冷风流量的方式为热风炉充压，会不同程度地影响高炉生产，耗费鼓风机产能；二是必须要考虑到较大的压差可能会造成内衬损坏，因此要用小流量充压，这样就大大延长了充压时间（充压时间显著长于放散时间），因此压缩了热风炉“烧炉”时间，进而对风温、能耗等都会产生一系列影响。

进一步，为了避免鼓风机充压操作对高炉生产造成不良影响，通常是由高炉炉长决定热风炉是否换炉，这就进一步割裂了热风炉完整的操作流程，热风炉很难实现“自动换炉”，对热风炉自身“顺行”带来不利影响。

随着高炉炉容越来越大，现行热风炉设计也趋向于更加高大，设计方通常采用最简单的“提高热风炉供热能力”的方式来适应“高风温、长送风”

的工况需求，而降低能耗和运行成本的呼声却得不到重视。

----“自均压”（也称“热均压”）技术尚是一种不完全、不连贯的充压操作方式，更重要的是，由于单炉、双炉送风风阻不同，“自均压”期间鼓风仍会存在压力波动情况。

总之，现行热风炉工艺设计很难沿着“高风温、低投资、低能耗”的方向走下去，根本原因在于热风炉工艺没有摆脱鼓风机充压操作的制约。因此，解决之道也只有由此入手，已经在 5500m³ 高炉热风炉工程上应用的“外均压”工艺被证明是解决这个问题的可行技术。

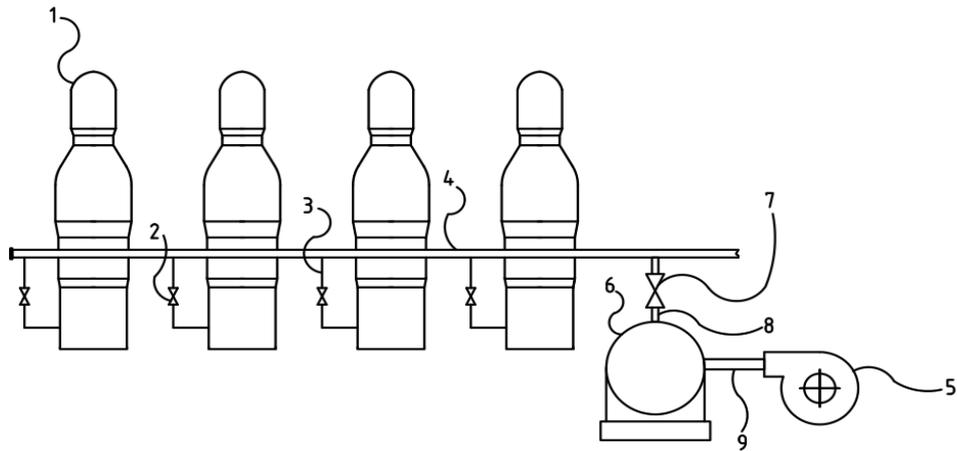
对于热风炉系统来说，一旦没有鼓风机充压操作的制约，热风炉系统应该如何设计？比如说：如果煤气耗量降低 10%，工艺投资降低 10%或者更多~~，那么，未来的炼铁热风炉将是什么样子？

带有外均压的热风炉工艺技术符合低碳绿色发展的趋势，在节能降耗、低碳排放方面具有跨越式突破，对于常规和固有观念来说是一次大冲击。

二、技术原理和应用

1. 外均压工艺原理：

外均压系统由储气罐（优选球罐，也可以选用其它形式的压力容器）、空压机、调压阀组及充压管路组成，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--储气罐排放阀组 8--排放管 9—补气管

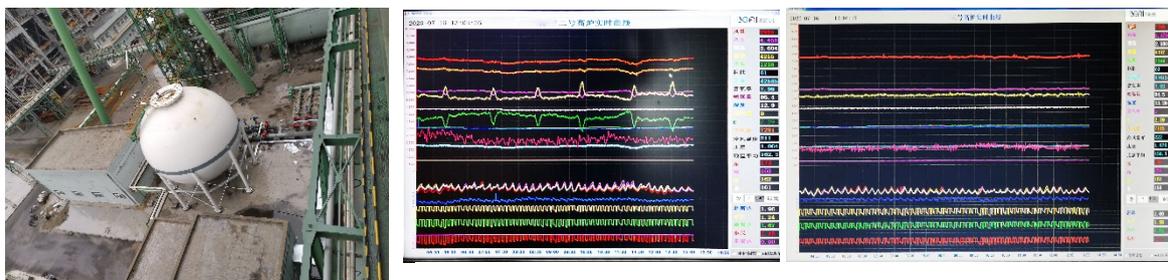
每座热风炉都设有单独的充压支管和阀门，当一座热风炉需要充压时，开启对应的阀门即可实现充压。由于热风炉换炉是依次间隔进行，储气罐在换炉间隔期间通过空压机充满，在规定工艺时间对一座热风炉完成充压。

已经建成投产的“外均压”工艺采用“分级降压、分段充压”的方式，所谓“分级降压”，是指在充压过程中，储气罐高压空气的压力采用分级方式降低到与炉内压力保持一个基本恒定的压差，比如 0.10Mpa~0.30Mpa，在这种较低的压差下可以维持较大流量充压；所谓“分段充压”，是指前期采用小的空气流量充压，中后期则采用恒压的较大流量进行充压的操作方式。

2. 实际应用和技术验证

2019 年 4 月投产的 5500m³ 高炉热风炉系统采用了“外均压”技术，充

压时间从约 11 分钟缩短到~200 秒，如图所示，带外均压的热风炉系统在换炉操作时对鼓风压力的影响明显小于常规工艺，外均压技术带来了非常直接和明显的效果，验证了这种工艺技术的可行性。因此，相对于炉容更小的高炉系统来说，实施外均压技术不存在技术风险。



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

外均压技术不仅适合于新建热风炉工程，也适合在运行中的热风炉组（3 座或者 4 座）上，在高炉不停产情况下增加外均压系统，包括建设高压气源、调压阀组等，现有充压管道可以利旧，管道对接在较短的时间里就可以完成。

3. 热风炉系统优化设计

当热风炉充压操作与高炉鼓风机隔离以后，热风炉系统设计可以进行相应的优化设计和调整：

1) 缩短送风时间获得高温。

在现有热风炉条件下，可以重新匹配热风炉工作制度。缩短充压时间后，热风炉烧炉时间即相应延长，因此可以提高拱顶温度；另外，在烧炉时间不变的情况下，也可以通过缩短送风时间有效地提升风温。由此可见，在不需要大幅度增加热风炉蓄热面积的情况下，采用外均压技术、重新匹配烧炉、送风时间后，就可以比较有效地提高鼓风风温。

2) 减小新建热风炉的尺寸。

对于新建热风炉工程来说，当热风炉风量、风温基本确定以后，采用外均压技术，可以优化设计热风炉工作制度满足工程目标，热风炉不用特别大的蓄热面积就可以满足风量和鼓风风温的工程要求；换句话说，热风炉的“送风时间”、“蓄热面积”等等已经不再是热风炉工艺设计的必要参数和指标，利用较小尺寸的热风炉就可以满足风量、风温要求。

3) 每座热风炉可以采用不同的工作制度。

实际生产中常常遇到热风炉组里不同炉子性能存在明显差异的情况，在配置外均压技术后，可以针对每座热风炉设计制定不同的工作制度（烧炉和送风时间），从而获得一致的鼓风风温，减少鼓风风温波动。当这些操作通过自动化程序进行的时候，可以获得明显的降低煤气消耗的效果。

三、技术特点

(1) 鼓风机用作充压的“冗余”可以用于增加高炉鼓风风量。

(3) 通过热风炉操作制度优化，有效提高风温。

(4) 提高热风炉热效率、降耗减排。

采用外均压技术建设的热风炉系统，在提高风温的同时又减小炉体尺寸，有利于提高热风炉热效率，因此可以实质性地降低煤气消耗量。例如针对 2500m³ 高炉热风炉系统来说，每年可以节省数百万煤气成本，相应地降低了二氧化碳排放，热风炉高度会降低到 30 米以下，而且不需要建设第 4 座热风炉。

(5) 带有外均压技术的热风炉系统具有明显的经济效益，主要体现在：

- 提高风温、提高热效率，降低煤气消耗量 (5%~10%)，从而实现碳减排；
- 新建带有外均压技术的热风炉系统将大幅度缩减炉体尺寸，进而大幅度降低工程投资 10%~30%。

四、总结

高炉炼铁工序成本占比超过一半、CO₂排放量占比达到 74%(引用数据)，有两项考核指标决定了现在和未来各项技术创新的发展方向，即“降本增效”和“节能减排”（尤其是碳减排），而越建越大、依靠增加蓄热面积获得高风温的热风炉技术显然是在“背道而驰”。

对于带外均压的热风炉系统来说，提高风温、实现全自动操作已经不是难题，这项技术未来可能在两个方面取得重大突破，一是降低工程投资，总投资减幅可达 10%-30%，二是提高热效率，减少煤气消耗量 5%-10%。

“外均压”技术应用在 5500m³ 高炉热风炉系统上仅是第一步，证明了热风炉系统换炉操作与高炉鼓风实现彻底隔离具有实际可行性，由“外均压”带来的热风炉技术的优化和发展是关键，这其中包括：（1）不会再需要建设第四座热风炉，因为使用外均压技术的热风炉组，在短期内采用“一烧一送”也可以维持较高风温；（2）热风炉组热效率可望提高 5%-10%。

2021-06

（全文完）