

与用户对话一

我们需要什么样的热风炉？

王长春

摘要

高炉炼铁热风炉，是钢铁长流程生产工艺里最重要的工艺设备之一，热风炉因为设备投资高、建设期长、维修成本高、影响高炉生产等因素，成为近几年技术进步比较明显的板块之一，正是因为来自用户的强烈技术需求，推动了这项技术的创新发展。

对大部分炼铁厂用户来说，除了日常生产任务重的因素外，对外交流和考察机会不是很多，要全面了解现在热风炉技术的进步状况是很难的，最熟悉的，可能就是用户正在使用的热风炉设备。

那么，什么样的热风炉更适合用户？用户最需要的是什么样的热风炉？

这里，我们尽量从铁厂用户的角度，站在铁厂热风炉技师的位置，对热风炉技术的适用性开展讨论，抛砖引玉，追究热风炉技术的实用性和经济性。

1、 关于热风炉的结构形式

(1) 顶燃式热风炉投资低于内燃式或者外燃式热风炉

从国内应用最普遍的形式来说，现在新建热风炉基本上都是采用顶燃式热风炉结构，这从某一方面说明这种结构已经被用户接受，但其真正可以被上下级领导都认可的优势，是这种结构可以降低投资（相比内燃式和外燃式结构）。

(2) 顶燃式热风炉在中国出现了所谓“大帽子”“小帽子”之分，到底该选用哪种结构好？

首先需要从燃烧器结构上说明这两类顶燃式热风炉的关键差异：

---所谓“大帽子”顶燃式热风炉技术来源于前苏联 1982 年投产的那座举世瞩目的带陶瓷燃烧器的顶燃式热风炉（1500m³高炉），其特点是采用了环绕拱顶底部布置的 50 多个带空煤气预混室的陶瓷燃烧器，热风出口位于拱顶下部，而更早前在国内建设的类似结构的顶燃式热风炉是采用了金属燃烧器。

---所谓“小帽子”顶燃式热风炉，在国内是泛指以卡卢金热风炉为代表的现代

顶燃式热风炉结构，其特点是在拱顶上方设置了一个预燃室，侧墙布置了多排喷嘴，空煤气以旋流喷射方式向预燃室供气，空煤气在预燃室先充分混合，再进入燃烧室（拱顶）燃烧，因此这是由多个喷嘴构成的一个大功率陶瓷燃烧器。

由此可知，所谓“大帽子”顶燃式热风炉是采用了多个环绕拱顶底部的陶瓷燃烧器，所谓“小帽子”顶燃式热风炉则是采用了由多组喷嘴组成的一个大功率陶瓷燃烧器，另外，需要补充说明的是，这种燃烧器在预燃室里没有火焰和高温，因此所谓“小帽子”顶燃式热风炉不存在“燃爆”问题。

其次，两种不同类型的顶燃式热风炉的材料用量也有不同，蓄热室基本一样的条件下，相比“大帽子”热风炉，“小帽子”形式的顶燃式热风炉虽然高度增加了，但材料用量（重量）却少 15%-20%。

(3) 内燃式/外燃式热风炉改造成顶燃式热风炉的技术和经验

--- 内燃式热风炉的结构改造方向是顶燃式热风炉，这是国内外业界的共识，但无论采用什么技术方案，结构技改的投资都大于内燃式热风炉的维修费用。一般情况下，寿命到期或者提前出现重大事故的内燃式热风炉，维修方法很难维持热风炉正常运行，应及时进行技改。

国外内燃式热风炉改造成顶燃式热风炉的工程基本上都是由俄罗斯卡卢金公司完成的，主要集中在俄罗斯、乌克兰和印度等，技术方案主要以“钢结构（炉壳下部）和设备利旧、内衬全部更新”为基本原则，尤其是“热风主管利旧”技术可以有效降低工程投资。目前国内江苏钢企正在利用这项技术进行内燃式热风炉改造，因为采用了小孔格子砖技术，在风温提高的技改要求

下，改造后卡卢金热风炉仍然比内燃式热风炉高度降低近7米以上。

国内还有一些其它的“内改顶”技术方案，基本上都是以“新建热风主管”为主要特点，工程复杂；其次是因为兼顾风温提高的工程要求，改造后顶燃式热风炉高度与内燃式热风炉基本相仿，与原型重建相比，没有明显的降低投资的优势。

还有一种局部改造方案是利用内燃式热风炉火井改造为“热风支管”，这样虽然可以利用原热风主管结构，但因为并没有取消炉壳里的隔墙，所以并没有从根本上消除结构缺陷；另外，因为在蓄热室上部设置了悬链式大拱顶，以及在拱顶下部布置了多组燃烧器，改造后的炉体高度可能成为国内之最。

---寿命到期的外燃式热风炉也面临技改和原型重建的问题，外燃式热风炉原型重建在投资方面显然是不划算的，应积极研究改造为顶燃式热风炉的技术方案。

外燃式热风炉的改造案例比内燃式热风炉少，但足以证明技改路线是可行的。国外主要有俄罗斯北方钢厂（5580m³高炉）帝德式外燃式热风炉改造为卡卢金热风炉工程，以及日本JFE公司（4300m³高炉，5000m³高炉）库伯式外燃式热风炉改造为卡卢金热风炉工程。与原型重建相比，技改投资降低了10%-15%甚至更多，并且实际运行风温都有所提高。目前国内安徽钢企正在实施国内首个外燃式热风炉（新日铁式，2500m³高炉）改造为卡卢金热风炉工程。

2、 怎样才能把顶燃式热风炉建设好

国内二十年里上千座顶燃式热风炉陆续投产，用户体验到的则是外观相

近但质量差异甚远的顶燃式热风炉技术，一些用户已经总结出顶燃式热风炉结构的几大“缺陷”，比如：热风出口容易过热、掉砖，热风支管三岔口容易掉砖，以及在“大帽子”热风炉上出现的拱顶局部过热、掉砖等等。另外，顶燃式热风炉也普遍存在风温没有达到设计指标的情况。

但是与此同时，国内也建设了一批卡卢金顶燃式热风炉的标杆工程，以及一批国内外炉容 4000m^3 以上特大高炉热风炉工程，其中大部分已经稳定运行 10 年以上，代表了卡卢金顶燃式热风炉技术已经具有了丰富的工程经验，设计技术不断优化，日趋完善。

这些成功的工程业绩证明顶燃式热风炉的优势是无可怀疑的，基本技术路线是完善可靠的。欧洲如 PW 公司、日本如新日铁公司都在研究自己的顶燃式热风炉，这种投资更低、稳定性更好的技术已经成为一种发展趋势。

今天重点讨论的是提高热风炉建造质量和一些行之有效的措施。

(1) 审核关键部位的设计细节

热风炉并不是批量商品，每个用户都会坚持自己的特殊要求，无论是设备配置、工况参数、设备厂选择等等。

以下内容值得用户特别关注：

- (a) 同等级别工程运行 3 年以上的业绩；
- (b) 燃烧器材质，最高配置是全部采用抗热震耐火砖（热震 100 次），最差的配置是只有喷嘴采用抗热震耐火砖（热震 50 次）；
- (c) 热风出口和三岔口组合砖，国内最高配置是采用 DRL-155（ 1550°C 下蠕变小于 1.0）或 DRL-150（ 1550°C 下蠕变小于 0.7），低配则是 RDL-75（ 1400°C 下蠕变小于 1.0）；国内有新建热风炉热风出口或者三岔口采用浇注料方式的，

但这两个位置都是长期处于高温工况，但又有温度波动，加之钢结构的涨缩，三岔口位置不适于直接采用浇注料形式；

(d) 热风管道钢结构设计。各家供货商对热风管道的的设计差异很大，卡卢金推荐技术是“U”形支管，在阀后布置补偿器，主管与围管等标高；一般技术是采用水平支管+主管竖管形式；不推荐在支管的热风阀前设置补偿器，这种设计的补偿器虽然便于更换，但寿命很短。

(2) 把握核心材料质量。

一般来说，燃烧器、热风管道（包括热风出口）是顶燃式热风炉系统的核心耐火材料，也是热风炉系统价格最高的一部分用材。对用户来说，把握这些关键材料的质量才谈得上把控热风炉建造质量。

国外工程在中国采购耐火材料时，用户甚至自己来工厂挑砖并监督做热震试验；国内也有用户在采购时预留检测费用，派人抽选样品后自己送检，这样可以在一定程度上避免质量造假问题。

(3) 坚持专家指导砌筑。

卡卢金热风炉在中国取得的成功，很大程度上归结于坚持专家砌筑指导，把控最后的建造质量关。

国内热风炉建造通常采用监理制度，但现在看来监理制度并不能取得改善砌筑质量的效果，一些工程存在供货商或者总包方与施工队串通的情况，让用户防不胜防。俄罗斯专家队伍在现场全权对设计和砌筑规范负责，熟悉图纸和砌筑工艺，坚持对错误的施工推倒重来，赢得用户信任和支持，也证明这是行之有效的措施。

3、 怎么把顶燃式热风炉操作好

(1) 结构和风温的关系。

与内燃式和外燃式热风炉不同，顶燃式热风炉很明显的特征是在蓄热室上方直接设置了燃烧器（预燃室和拱顶），燃烧烟气直接加热了蓄热室上方的拱顶并沿格子砖上表面均匀分布。这些特点反映在烧炉操作上就是拱顶很容易烧热，烧炉第一阶段就是把拱顶温度升高到 1350℃-1400℃，这对于硅砖拱顶来说是非常安全的；顶燃式热风炉因为采用独立支撑炉箅子，因此废气最高温度提高到 450℃，这一特点就要求烧炉的第二阶段是把废气温度提高到 450℃再换炉，只有这样才能把蓄热室格子砖从上到下全部烧透。

自动烧炉程序是参照拱顶温度和废气里的氧含量确定最合理的烧炉参数，在一定的烧炉时间里保证最高的拱顶温度和最高废气温度，让蓄热室蓄热充足，人工操作也基本上沿用这个方法调节不同阶段的烧炉参数。

(2) 影响风温的因素。

一般有两个原因影响最终的送风风温（不计高炉不需要高风温的情况），一是拱顶温度和废气温度没有烧到设计值，二是因为高炉操作原因导致送风时间延长过多。

无论是高炉还是热风炉，参数稳定都是维持顺产的前提条件，因此，经过投产初期一段时间的磨合，热风炉系统会归结到一个相对稳定的工作制度范围里，这个时候就可以适当调整烧炉操作，让热风炉烧炉初期达到足够高的拱顶温度，烧炉末期废气温度达到 450℃。

采用降低拱顶温度或者降低废气最高温度的工作制度，都会在一定程度上降低风温。但热风炉设计的供热能力都有一定冗余，因此操作人员可以加以利用获得高风温。

(3) 自动化操作的效益

自动化操作可以有效地降低吨铁煤气消耗量，可以很明显地降低煤气成本 and 二氧化碳减排。但因为热风炉换炉常常受到高炉操作影响，因此大部分热风炉自动化操作都集中在自动烧炉阶段。

国内已经在 5500m³ 高炉卡卢金热风炉系统上使用了“独立换炉”技术，这使得热风炉第一次实现了真正意义上的“一键式”操作，收到了节省煤气 8%~10% 的显著效果，经济效益非常可观。

4、 结束语

高炉热风炉因为投资巨大，对每个用户来说，从上到下都抱以谨慎认真的高度责任感，力争把热风炉建设好、运行好。但是国内顶燃式热风炉种类繁多到令人眼花缭乱，站在用户角度，甚至是具体到铁厂管理者的角度，都很难对某项技术做出合理的抉择和判断。在这里，我们对国内热风炉技术现状加以分类，解析，从工程经验出发，尝试提炼一些关键问题进行释疑和说明，目的就是与用户一起共同建设优质工程。

顶燃式热风炉技术进入中国已经超过 20 年，至今仍然争鸣不止，一些技术尝试还在路上，很多新技术蓄劲待发。但是回归本元，顶燃式热风炉在快速发展过程中遗留下一些遗憾，过度竞争、追求速度导致设计、材料、建造质量粗糙，给用户造成巨大损失。

抛砖引玉，我们愿意结合我们的技术和工作经验，从设计、材料、建造和服务各个角度探讨提高工程品质、降低损耗的有效措施，这是一项长期和需要耐心的工作，但是很有价值。

全文完