

# Discussion on Design and Application of Converter Gas Energy Saving Technology in Iron and Steel Enterprises

Yan Zhou

Power Plant of Guangxi Iron and Steel Group Co., Ltd., Fangchenggang, Guangxi, 538000, China

## Abstract

Iron and steel enterprises are an important pillar of China's industrial development, among which the converter gas produced by iron and steel enterprises in the production process is a valuable secondary energy. By analyzing the technical status of converter gas recycling, this paper puts forward the effective technology of converter gas recycling in view of the existing problems, and puts it into practice and application in Guangxi Fangchenggang iron and steel base, achieving obvious energy-saving effects.

## Keywords

iron and steel enterprises; converter gas; energy-saving technology

## 浅谈钢铁企业转炉煤气节能技术的设计与应用

周延

广西钢铁集团有限公司动力厂, 中国·广西 防城港 538000

## 摘要

钢铁企业是中国工业发展的重要支柱, 其中, 钢铁企业在生产过程中所产生的转炉煤气又是宝贵的二次能源。论文通过分析转炉煤气回收利用的技术现状, 针对存在的问题提出转炉煤气回收利用的有效技术, 并将其在广西防城港钢铁基地进行实践和应用, 取得较为明显的节能效果。

## 关键词

钢铁企业; 转炉煤气; 节能技术

## 1 引言

现代工业生产要求, 在保障产品质量的前提下, 实现工业可持续性的增长。越来越严格的环境法规和中国对环境保护和自然资源节约敏感性的加强要求, 促使钢铁企业努力减少生产过程中对能源和环境的影响。煤气是钢铁生产过程中的一种特殊副产品, 包括焦炉煤气、高炉煤气和转炉煤气等。其中, 中国钢铁企业对转炉煤气的回收利用的水平相对不高, 且效果不佳, 不仅造成了一定的资源浪费, 而且增加了钢铁企业的污染排放。广西钢铁集团有限公司在中国广西防城港市启动新项目建设之后, 为进一步提高转炉煤气的回收利用、实现获得良好节能效益的目标, 为此进行了转炉煤气节能技术的研究, 开发了相应了转炉煤气回收工艺, 并予以实践应用。

## 2 转炉煤气回收利用技术现状

### 2.1 技术工艺现状

在转炉炼钢吹炼过程中, 碳氧反应是冶炼过程始终

存在的一个重要反应, 反应的生产物主要是 CO, 热值为 5000~7000kJ/m<sup>3</sup>, 具有较高的利用价值。

转炉工序能耗占比如图 1 所示<sup>[1]</sup>。

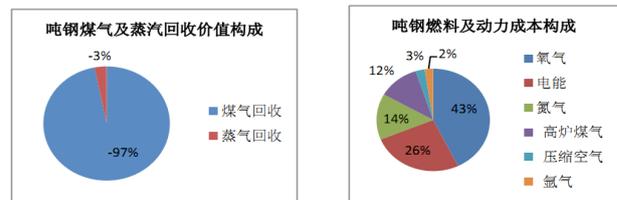


图 1 炼钢厂燃动力及回收成本构成

由此可见, 最大程度地回收转炉煤气, 不仅可解决环保问题, 亦有非常可观的经济效益。然而, 在现有的转炉煤气回收利用技术没有得到更进一步提升时, 不合理的系统配置会产生未利用的转炉煤气剩余, 不能将转炉煤气回收量实现最大化, 从而增加了环境影响和能源浪费。

### 2.2 工艺技术问题

#### 2.2.1 气柜缓冲能力低

例如, 单一座 120t 转炉所回收的煤气量为 1.6~2 万 m<sup>3</sup>/h。而钢铁企业转炉通常不止一座, 一般的钢铁企业转炉通常在

【作者简介】周延 (1977-), 男, 中国广西柳州人, 本科, 工程师, 从事燃气生产和设备管理研究。

3~5座,此时,单位时间(h)内所回收的煤气量在4.8~10万m<sup>3</sup>之间,此时,若转炉柜容积配置的偏小则会出现高位拒收现象<sup>[2]</sup>。这种煤气柜高位拒收现象通常集中在一天当中的数个时间段,若一天当中拒绝5~15炉,则拒绝回收的煤气量在8~30万m<sup>3</sup>之间。

### 2.2.2 风机加压不足

因回收转炉煤气压力低,则转炉煤气加压系统是确保转炉煤气回收外送的关键技术环节,其加压能力直接影响下游转炉煤气用户的使用效率。若下游用户不能正常用气,则转炉煤气不能正常输出,转炉柜的柜位将无法下降,从而影响转炉煤气的回收。

### 2.2.3 管网设计缺陷

转炉煤气回收后,需要将所回收的煤气送到下游用户,才能实现转炉煤气的再利用。现阶段,大部分钢铁企业转炉煤气管线长,管径配置偏小,管道阻力大,从而制约了转炉煤气吨钢回收量的提升。

### 2.2.4 下游用户用气量波动

原则上,转炉煤气回收后应全部给下游用户使用,只有保证回收的转炉煤气能全部使用,提高转炉煤气的回收量才有意义,才能降低钢铁企业的能耗。

## 3 转炉煤气回收利用技术改进

### 3.1 确定煤气回收条件

$CO\ emission = activity\ data \times emission\ factor \times oxidation\ (conversion)\ factor$

从上述公式看出,碳排放因子在很大程度上取决于燃料中碳的热容量。碳氧化因子是转炉煤气的CO排放特性的另一个指标。实际上,它也与燃烧设备,技术和运行条件有关。因此,通过逐一降低机组CO回收条件,相同的调度条件下,保持煤气中氧浓度低于1%,保证热值高于5000kJ/m<sup>3</sup>的情况下,不断调整煤气回收条件,提升煤气柜回收量,以此来确定最经济的煤气回收起始点和终止点。从最佳经济性考虑,防钢基地转炉煤气的CO回收浓度设计在23%~25%,转炉煤气吨钢回收指标设计在100~115Nm<sup>3</sup>/吨钢。

### 3.2 煤气储存能力的优化

钢铁企业用于存储转炉煤气的气柜称为橡胶膜密封型煤气柜(又称为维金斯型煤气柜、橡胶布帘型煤气柜、橡胶皮膜型煤气柜等),也是属于干式煤气柜中的一种类型。橡胶膜密封型煤气柜的主要结构。橡胶膜密封型煤气柜主要由钢结构的柜本体、活塞、T挡板、密封橡胶膜、T挡板支架、底板等部件组成。

橡胶膜密封型煤气柜的容量选择可参考以下公式进行计算:

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \times K_v + Q_4$$

式中各参数意义如下:

① Q<sub>1</sub>: 回收波动调节量(Nm<sup>3</sup>)。

$$Q_1 = \text{转炉炉容} \times \text{同时吹炼座数} \times \text{吨钢回收量} \times [ (60\ \text{分钟} / \text{回收时间}) - (60\ \text{分钟} / \text{冶炼周期}) ] \times \text{回收分钟数} \div 60$$

广西钢铁集团有限公司装备4座210t转炉,单座转炉的冶炼周期为38min,单个周期内煤气回收时间为9min考虑,吨钢回收量110Nm<sup>3</sup>/t钢,若不考虑实际,按照4座转炉同时回收进行设计。

则此时:

$$Q_1 = 210 \times 4 \times 110 \times \{ (60/9) - (60/38) \} \times 9 \div 60 = 70547\ \text{Nm}^3$$

② Q<sub>2</sub>: 放散滞后量(Nm<sup>3</sup>),按照转炉煤气回收不正常,打开放散塔按1分钟考虑:

$$Q_2 = \text{转炉炉容} \times \text{同时吹炼座数} \times \text{吨钢回收量} \times (60/9) \times (1/60)$$

同上例:

$$Q_2 = 210 \times 4 \times 110 \times (60/9) \times (1/60) = 6844\ \text{Nm}^3$$

③ Q<sub>3</sub>: 转炉煤气消耗波动量(单位, Nm<sup>3</sup>)。转炉煤气用户可能有一个或者多个,各用户的波动量若无关联则可以进行叠加处理,用户的波动量可以根据广西钢铁集团有限公司的统计数据, Q<sub>3</sub>一般取2万Nm<sup>3</sup>。

④ K<sub>v</sub>: 体积校正系数。

$$K_v = (1 + dc/804)(273 + T) \times 10333 \div P = 273$$

式中: P——气体的绝对压力(mmH<sub>2</sub>O);

T——气体的温度(°C);

Dc——工作状态下气体的含湿量(g/Nm<sup>3</sup>)。

⑤ Q<sub>4</sub>: 柜容上、下各10%的安全容量,由于转炉煤气回收波动量大,活塞速度快,为保障气柜安全运行,建议上、下各取10%的安全容量。

$$Q_4 = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \times K_v \times 20\%$$

⑥ 综上, Q = (70547 + 6844 + 20000) × 1.2 × 1.2 = 140243 Nm<sup>3</sup>

根据以上计算,广西钢铁集团有限公司装备的转炉煤气柜容量为15万m<sup>3</sup>。设计主要参数如表1所示。

### 3.3 加压风机能力优化

转炉煤气加压机的主要任务是将回收的煤气全部输送出去,则加压机的能力要与回收转炉煤气的平均量匹配。配置台数不宜少于3台。若转炉座数较多,宜按一台风机对应一座转炉进行配置。为了进一步节约能耗,可选择变频风机。以下为加压机选型的计算过程示例。

广西钢铁集团有限公司的转炉煤气工艺参数,如表2所示(受制于铁水产量,实际情况下,转炉同时吹炼的炉数为3座)。

表 1 设计主要参数

序号	项目	参数
1	类型	圆形两段式橡胶膜密封型煤气柜
2	公称容积	15000m <sup>3</sup>
3	贮存介质	转炉煤气
4	煤气湿度	饱和
5	设计煤气含尘量	100~150mg/m <sup>3</sup>
6	密封段数	两段
7	公称设计压力	一段 2.5kPa, 二段 3.0kPa
8	实际运行压力	一段 2.5kPa, 二段 3.0kPa
9	入口煤气温度	≤78℃
10	密封结构	橡胶膜
11	密封段数	2 段
12	调平装置	9 组
13	活塞运行速度	≤4m/min
14	进出气方式	侧板开孔, 一进一出
15	气柜内壁直径	68.6m
16	柜体总高	60.8m
17	立柱数	36 根

表 2 转炉煤气工艺参数

平均出钢量 (吨/炉)	冶炼周期 (min)	同时吹炼 座数	煤气回收时间 (min)	煤气回收 率(Nm <sup>3</sup> /t)
210	36	3	8	110

其次, 计算转炉煤气的体积修正系数, 见表 3。

表 3 转炉煤气的体积修正系数

当地大气 压力(KPa)	煤气温度 (℃)	煤气含湿量 (g/m <sup>3</sup> 干气)	饱和气体绝对 压力(mm水柱)	体积修正 系数(Kv)
100.27	65	252.95	10639.80	1.58

最后, 计算加压机工况流量, 见表 4。

表 4 计算加压机工况流量

单炉产气 平均量 工况(m <sup>3</sup> / h)	多炉同时 回收 平均量 工况(m <sup>3</sup> /h)	加压机数量	加压机并 联系数	加压机工 况流量 (m <sup>3</sup> /min)
70294	210882	4	0.95	939.6

则在此条件下, 4 座 210t 的转炉, 应选择工况流量为 1000m<sup>3</sup>/min 的加压机 4 台, 并考虑预留发展空间。在实际设计中, 动力厂转炉煤气加压站内设有离心式鼓风机 4 台, 预留 2 台, 采用全变频调速技术, 能自动或手动地调节加压机进气量。为了安全, 在进口主管上设低压报警及连锁; 加

压机采用双支撑离心风机, 配套采用防爆电机。双支撑离心风机的特点是结构紧凑、重量轻、刚性好、运行平稳和密封性可靠的产品, 采用行业领先技术, 保证设备安全、长效、低成本运行, 同时具有检修周期长、耗时短、成本低的特点。

## 4 结论

综上所述, 对转炉煤气回收利用技术的改进和优化, 事关中国钢铁企业内部改革, 是新时期、新形势下, 钢铁企业节能减排的重要措施之一。针对现有的工艺技术问题, 发挥现代工艺技术优势, 改变回收条件、设备改进等外部手段的同时, 对转炉回收输送系统的配套设施进行合理优化, 由此实现钢铁企业转炉煤气回收利用技术的提高, 对于实现“负”能炼钢, 有重要的理论价值和实践意义<sup>[1]</sup>。

## 参考文献

- [1] 钢铁企业燃气设计参考资料(煤气部分)[M].北京:冶金工业出版社,1978.
- [2] 谷中秀.新型干式煤气柜[M].北京:冶金工业出版社,2010.
- [3] 李晶,宋吉国.节能减排技术在钢铁企业的应用[J].科技资讯,2008(32):83.