

# 气基竖炉直接还原炼铁技术温室气体减排方法学

## 一、来源、定义和适用条件

### 1. 来源

本方法学来自新方法学申请：“气基竖炉直接还原炼铁技术的温室气体减排方法学”，属于大规模温室气体减排方法学，由江苏省星霖碳业股份有限公司开发提交。

### 2. 定义

本方法学的相关定义如下：

**高炉：**是一种主要以焦炭为固体还原剂的炼铁装置，铁矿石原料为烧结矿、球团等，与还原剂焦炭、燃料喷煤等加入高炉中，在该装置中铁矿石在约 1500℃ 温度下被还原成还原态铁，即产品铁水中所含的金属铁，一般铁水中还原态铁品位约 94.5%。可作为转炉炼钢的原料，用于炼钢。

**气基竖炉：**一种主要以富 H<sub>2</sub> 和 CO 的还原气为气体还原剂的炼铁装置。约 900℃ 的富氢还原气可由煤制气、天然气或焦炉煤气重整转化等多种工艺生产得到，通入气基竖炉中对铁矿石块矿、球团进行还原，得到还原铁，即产品直接还原铁（也称海绵铁）中所含的金属态铁。冶金标准 YB/T4170-2008 中列出了炼钢用直接还原铁 4 个牌号的要求，如 H88 的全铁品位为 88%-90%。可作为电炉炼钢的原料，用于炼钢。

### 3. 适用条件

气基竖炉直接还原炼铁是国外主流的非高炉炼铁技术，是一种绿色低碳的炼铁工艺，目前该技术在我国的进展比较缓慢，国家正大力鼓励推行发展非高炉炼铁技术。

该方法学适用于以下 4 种炼铁项目活动：

I. 在现场已有天然气（NG）、焦炉煤气（COG）、煤热解气等富甲烷气的条件下，以此为气源重整联产新建的气基竖炉直接还原工艺的项目活动，包含现有产能置换而新建的项目。

II. 新建煤焦化或煤热解项目，同时以此富含甲烷的焦炉煤气、热解气重整

联产气基竖炉直接还原工艺的项目活动，包含现有产能置换而新建的项目。

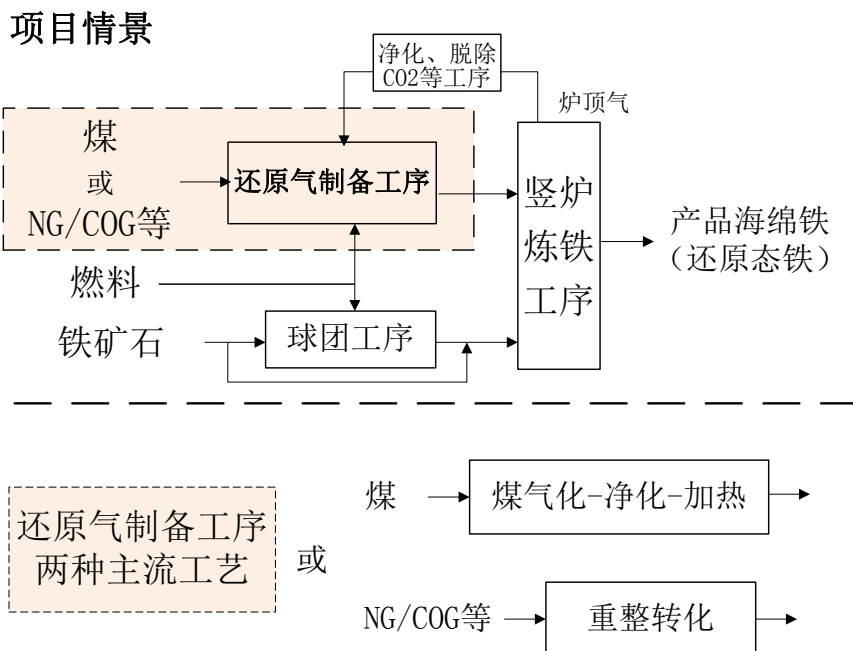
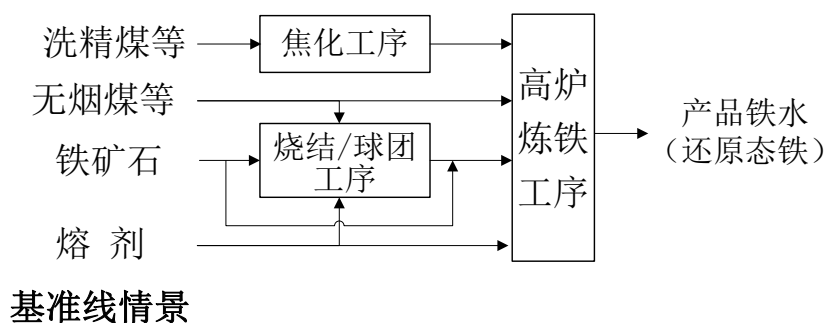
III. 新建煤制气-气基竖炉直接还原炼铁工艺的项目活动，包含现有产能置换模式而新建的项目。

IV. 新建天然气-气基竖炉直接还原炼铁工艺的项目活动，包含现有产能置换模式而新建的项目。

### 三、基准线方法学

#### 1. 项目边界

根据方法学要求、项目资料和现场勘察，合理确定项目边界。在本方法学中，项目边界是实施项目活动的所有相关工艺环节直至获得产品。



注：1. 项目情景条件下，其 CO<sub>2</sub> 直接排放源主要包括球团工序燃料燃烧排放、炉顶气脱除 CO<sub>2</sub> 的排放和还原气制备工序的燃烧尾气排放。其中还原气制备工序产生的排放分两种情形，“煤气化-净化-加热”工艺的直接排放源包含净化脱除 CO<sub>2</sub> 的排放和加热还原气过程中燃烧产生的排放；“NG/COG 等重整转化”工艺的直接排放源为转化炉加热燃烧产生的排放。

图 1 基准线与项目边界图示

表 1 项目边界内包含和不包含的排放源

排放源		气体类型	是否包括	说明
基准线	基准线情景下的排放	CO <sub>2</sub>	是	主要排放源。
		N <sub>2</sub> O	否	为简化考虑，予以排除。
		CH <sub>4</sub>	否	为简化考虑，予以排除。
项目活动	项目情景下的排放	CO <sub>2</sub>	是	主要排放源。
		N <sub>2</sub> O	否	为简化考虑，予以排除。
		CH <sub>4</sub>	否	为简化考虑，予以排除。

## 2. 基准线情景识别

项目参与方应该根据所有现实可行的替代方案中确定最合理的基准线情景。

识别还原铁生产活动的基准线替代方案，应考虑以下的替代方案：

M1：不作为 CCER 的本（拟议）项目活动。

M2：采用高炉炼铁工艺的还原铁生产活动。

当 M2 作为基准线情景时，本方法学才适用。

## 3. 额外性

在进行额外性论证时，使用 CDM 最新版本《额外性论证和评价工具》论证和评估项目活动的额外性。

## 4. 基准线排放量

基准线排放量为单位产品铁水的排放量与当年产品铁水量的乘积，排放量计算如下：

$$BE_y = BEU_y \times BW_y \quad (1)$$

其中：

$BE_y$	年度y期间内，基准线排放量（tCO <sub>2</sub> e）；
$BEU_y$	年度y期间内，生产单位产品铁水的排放量（tCO <sub>2</sub> e/ t铁水）；
$BW_y$	年度y期间内，生产的铁水总量（t）。

(1) 基准线单位产品铁水的排放量

单位产品的排放量由界区内所有焦化、烧结、球团、高炉等工序及公辅的单位排放量构成，即①净消耗化石能源燃烧、反应产生的排放（焦炭、无烟煤、焦炉煤气等），②熔剂消耗产生的排放（石灰石、白云石等），③净购入的电力和热力隐含的排放，④扣除固碳产品隐含的排放（铁水，含有约 4.5%的 C）。单位产品排放量计算公式如下：

$$BEU_y = (\sum_i BU_{fuel,i,y} \times NCV_{EF,i,y} \times EF_{fuel,CO_2,i,y} \times 10^{-12}) + (\sum_j BU_{rho,j,y} \times EF_{rho,CO_2,j,y}) + (BU_{elect,y} \times EF_{elect,CO_2,y} + BU_{heat,y} \times EF_{heat,CO_2,y}) - (BEF_{pro,CO_2,y}) \quad (2)$$

其中：

$BU_{fuel,i,y}$	年度 y 基准期间内，单位产品净消耗的第 i 种化石能源量（焦炭、无烟煤、焦炉煤气等），单位为 kg/t 或 Nm <sup>3</sup> /t；
$NCV_{EF,i,y}$	年度 y 基准期间内，第 i 种化石能源（焦炭、无烟煤、焦炉煤气等）的低位发热值，单位为 kJ/kg 或 kJ/Nm <sup>3</sup> ；
$EF_{fuel,CO_2,i,y}$	年度 y 基准期间内，第 i 种化石能源（焦炭、无烟煤、焦炉煤气等）的 CO <sub>2</sub> 排放系数，单位为 kgCO <sub>2</sub> /TJ；
$BU_{rho,j,y}$	年度 y 基准期间内，单位产品的第 j 种熔剂消耗量（石灰石、白云石等），单位为 t/t；
$EF_{rho,CO_2,j,y}$	年度 y 基准期间内，第 j 中熔剂的 CO <sub>2</sub> 排放因子，单位为 tCO <sub>2</sub> /t
$BU_{elect,y}$	年度 y 基准期间内，单位产品净购入的电力量，单位 MWh/t；
$EF_{elect,CO_2,y}$	年度 y 基准期间内，电力的 CO <sub>2</sub> 排放因子，单位为 tCO <sub>2</sub> e/MWh；
$BU_{heat,y}$	年度 y 基准期间内，单位产品净购入的热力量，单位 GJ/t；
$EF_{heat,CO_2,y}$	年度 y 基准期间内，热力的 CO <sub>2</sub> 排放因子，单位为 tCO <sub>2</sub> e/GJ。
$BEF_{pro,CO_2,y}$	年度 y 基准期间内，单位产品（铁水）的排放因子 tCO <sub>2</sub> /t。

## (2) 基准线的铁水总量

本方法学项目排放与基准线排放的比较，是以生产相同量的金属铁（还原态铁）为基准进行比较的。因高炉法产品铁水和气基竖炉法产品直接还原铁中所含金属铁（还原态铁）的含量不同，所以进行比较时产品铁水和直接还原铁的量是不同的，而是呈如下关系：

$$BW_y = PW_y \times PM_{Fe} \div BM_{Fe} \quad (3)$$

其中：

$PW_y$	年度 y 期间内，项目产品直接还原铁产量，单位 t。
--------	----------------------------

$PM_{Fe}$	年度 y 期间内，项目产品直接还原铁的平均金属铁质量含量，单位为%；
$BM_{Fe}$	年度 y 期间内，基准产品铁水的平均金属铁质量含量，单位为%。

## 5. 项目排放

项目排放量，由项目内各工序及公辅消耗的化石能源（煤炭、天然气、焦炉煤气、热解气等）燃烧、反应产生的排放，净购入电力和热力隐含的排放，再扣除产品引起的排放量（产品中含有 0.5-3% 不等的 C）得到。项目排放量计算如下：

$$PE_y = \left( \sum_k PF_{fuel,k,y} \times NCV_{EF,k,y} \times EF_{fuel,CO_2,k,y} \times 10^{-12} \right) + \left( PF_{elect,y} \times EF_{elect,CO_2,y} + PF_{heat,y} \times EF_{heat,CO_2,y} \right) - \left( PW_y \times PEF_{pro,CO_2,y} \right) \quad (4)$$

其中：

$PE_y$	年度 y 期间内，项目排放量（tCO <sub>2</sub> e）；
$PF_{fuel,k,y}$	年度 y 期间内，净消耗的第 k 种化石能源量（煤炭、天然气、焦炉煤气、热解气等），单位为 kg 或 Nm <sup>3</sup> ；
$NCV_{EF,k,y}$	年度 y 期间内，消耗的第 k 种化石能源量（煤炭、天然气、焦炉煤气、热解气等）的低位发热值，单位为 kJ/kg 或 kJ/Nm <sup>3</sup> ；
$EF_{fuel,CO_2,k,y}$	年度 y 期间内，消耗的第 k 种化石能源量（煤炭、天然气、焦炉煤气、热解气等）的 CO <sub>2</sub> 排放系数，单位为 kgCO <sub>2</sub> /TJ。
$PF_{elect,y}$	年度 y 期间内，项目净购入的电力量，单位 MWh；
$EF_{elect,CO_2,y}$	年度 y 基准期间内，电力的 CO <sub>2</sub> 排放因子，单位为 tCO <sub>2</sub> e/MWh；
$PF_{heat,y}$	年度 y 期间内，净购入的热力量，单位 GJ；
$EF_{heat,CO_2,y}$	年度 y 期间内，热力的 CO <sub>2</sub> 排放因子，单位为 tCO <sub>2</sub> e/GJ；
$PEF_{pro,CO_2,y}$	年度 y 期间内，单位产品（直接还原铁）的排放因子 tCO <sub>2</sub> /t；
$PW_y$	年度 y 期间内，项目产品直接还原铁产量，单位 t。

## 6. 泄漏

本方法学不考虑泄漏。

## 7. 减排量

本方法学的减排量为生产等量的还原铁，由高炉法和由气基竖炉法产生排放量的差值，应用下列公式进行项目减排量的计算：

$$ER_y = BE_y - PE_y^* \quad (5)$$

其中：

$ER_y$	第 y 年减排量 (t CO <sub>2</sub> e);
$BE_y$	第 y 年基准线排放量 (t CO <sub>2</sub> e);
$PE_y$	第 y 年项目排放量 (t CO <sub>2</sub> e)。

\*注 1)：对于不同工艺路线的气基竖炉直接还原项目，若在其中的还原气生产工序或炉顶气循环工序中包含 CO<sub>2</sub> 脱除处理，且此工序脱除的 CO<sub>2</sub> 采取深埋或其他方法进行减排处理，则此部分脱除的 CO<sub>2</sub> 也应算在项目减排量里。本方法学中，保守计算不予考虑。

## 8. 不需要监测的数据和参数

编号	1
数据/参数:	$EF_{fuel,i,CO_2,y}$
单位:	kgCO <sub>2</sub> /TJ
描述:	年度y期间内，第i种化石能源（焦炭、无烟煤、烟煤、焦炉煤气）的CO <sub>2</sub> 排放系数
所使用数据的来源:	以下数据源，按照优先顺序排列： 1. 项目特定的数据 2. IPCC2006，根据不同的燃料和技术类型
测量方式	
所应用的数据值:	
备注:	

编号	2
数据/参数:	$NCV_{EF,i,y}$
单位:	kJ/kg 或 kJ/Nm <sup>3</sup>
描述:	年度y期间内，第i种化石能源（焦炭、无烟煤、烟煤、焦炉煤气）的低位发热值
所使用数据的来源:	以下数据源，按照优先顺序排列： 1. 项目特定的数据 2. IPCC2006，根据不同的燃料和技术类型
测量方式	
所应用的数据值:	
备注:	

编号	3
数据/参数:	$EF_{elect,CO_2,y}$
单位:	tCO <sub>2</sub> e/MWh
描述:	年度 y 期间内, 电力排放因子
所使用数据的来源:	国家关于电网排放因子的电网数据及最接近基准线的技术供应商提供的数据。
测量程序	按照“电力系统排放因子计算工具”用组合边际法进行事后估算, 使用运行项目边际(OM)比新建项目边际(BM)为50:50的权重比。
所应用的数据值:	根据发改委最新公布数据进行更新
备注:	

编号	4
数据/参数:	$EF_{heat,CO_2,y}$
单位:	tCO <sub>2</sub> e/GJ
描述:	年度 y 期间内, 热力排放因子
所使用数据的来源:	引用中国国家标准 GB/T 32151.5—2015 《温室气体排放核算与报告要求, 第 5 部分: 钢铁生产企业》
测量程序	
所应用的数据值:	
备注:	

编号	5
数据/参数:	$EF_{rho,CO_2,j,y}$
单位:	tCO <sub>2</sub> /t
描述:	年度 y 基准期间内, 第 j 中溶剂的 CO <sub>2</sub> 排放因子
所使用数据的来源:	引用中国国家标准 GB/T 32151.5—2015 《温室气体排放核算与报告要求, 第 5 部分: 钢铁生产企业》
测量程序	
所应用的数据值:	
备注:	

编号	6
数据/参数:	$BU_{fuel,i,y}$
单位:	Kg/t 或 $Nm^3/t$
描述:	年度 y 基准期间内, 单位产品净消耗的第 i 种化石能源量 (焦炭、无烟煤、烟煤、焦炉煤气等)。
所使用数据的来源:	必须使用下列来源之一作为数据源: <ul style="list-style-type: none"> <li>● 中国国家标准 GB/T 32151.5—2015 《温室气体排放核算与报告要求, 第 5 部分: 钢铁生产企业》</li> <li>● 钢铁行业协会统计值</li> <li>● 项目可行性研究报告。</li> </ul>
测量程序	
所应用的数据值:	
备注:	

编号	7
数据/参数:	$BU_{rho,j,y}$
单位:	t/t
描述:	年度 y 基准期间内, 单位产品的第 j 种熔剂消耗量 (石灰石、白云石等)
所使用数据的来源:	必须使用下列来源之一作为数据源: <ul style="list-style-type: none"> <li>● 中国国家标准 GB/T 32151.5—2015 《温室气体排放核算与报告要求, 第 5 部分: 钢铁生产企业》</li> <li>● 钢铁行业协会统计值</li> <li>● 项目可行性研究报告。</li> </ul>
测量程序	
所应用的数据值:	
备注:	

编号	8
数据/参数:	$BU_{elect,y}$
单位:	MWh/t
描述:	年度 y 基准期间内, 单位产品净购入的电力量。



所使用数据的来源:	<p>必须使用下列来源之一作为数据源:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 中国国家标准 GB/T 32151.5—2015《温室气体排放核算与报告要求, 第 5 部分: 钢铁生产企业》</li> <li>● 钢铁行业协会统计值</li> <li>● 项目可行性研究报告。</li> </ul>
测量程序	
所应用的数据值:	
备注:	

<b>编号</b>	<b>9</b>
<b>数据/参数:</b>	$BU_{heat,y}$
单位:	GJ/t
描述:	年度 y 基准期间内, 单位产品净购入的热力量。
所使用数据的来源:	<p>必须使用下列来源之一作为数据源:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 中国国家标准 GB/T 32151.5—2015《温室气体排放核算与报告要求, 第 5 部分: 钢铁生产企业》</li> <li>● 钢铁行业协会统计值</li> <li>● 项目可行性研究报告。</li> </ul>
测量程序	
所应用的数据值:	
备注:	

<b>编号</b>	<b>10</b>
<b>数据/参数:</b>	$BEF_{pro,CO_2,y}$
单位:	tCO <sub>2</sub> /t
描述:	年度 y 基准期间内, 产品 (铁水) 的排放因子
所使用数据的来源:	<p>必须使用下列来源之一作为数据源:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 中国国家标准 GB/T 32151.5—2015《温室气体排放核算与报告要求, 第 5 部分: 钢铁生产企业》</li> <li>● 钢铁行业协会统计值</li> <li>● 项目可行性研究报告。</li> </ul>
测量程序	
所应用的数据值:	

备注:	
-----	--

编号	11
数据/参数:	$BM_{Fe}$
单位:	%
描述:	年度 y 期间内, 基准产品铁水的平均金属铁质量含量
所使用数据的来源:	<p>必须使用下列来源之一作为数据源:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 中国国家标准 GB/T 32151.5—2015《温室气体排放核算与报告要求, 第 5 部分: 钢铁生产企业》</li> <li>● 钢铁行业协会统计值</li> <li>● 项目可行性研究报告。</li> </ul>
测量程序	
所应用的数据值:	
备注:	

## 四、监测方法学

### 1. 一般监测规则

作为监测的一部分, 收集的所有数据应该进行电子存档, 并且至少保存至最后一个计入期结束后两年。应当对所有数据进行监测, 除非在下列表格中有特别说明。

另外, 本方法学所涉及到的相关工具中的监测条款在此也适用。

### 2. 所需监测的数据和参数

编号	1
数据/参数:	$PF_{fuel,k,y}$
单位:	Kg 或 $Nm^3$
描述:	年度 y 项目期间内, 净消耗的第 k 种化石能源量 (煤、天然气、焦炉煤气、热解气)。
所使用数据的来源:	项目监测设备或运行记录
监测程序:	固体进行称重, 气体采用流量计测量统计
监测频率:	连续
质量控制程序:	测量设备要定期校验以保证精度

备注:	
-----	--

<b>编号</b>	<b>2</b>
<b>数据/参数:</b>	$PF_{elect,y}$
单位:	MWh
描述:	第 y 年项目期间内的, 项目净购入的电力量
所使用数据的来源:	项目监测设备或运行记录
监测程序:	电表检测统计
监测频率:	连续
质量控制程序:	测量设备要定期校验以保证精度
所应用的数据值:	
备注:	

<b>编号</b>	<b>3</b>
<b>数据/参数:</b>	$PW_y$
单位:	t
描述:	年度 y 期间内, 项目产品直接还原铁产量
所使用数据的来源:	项目监测设备或运行记录
监测程序:	称重
监测频率:	连续
质量控制程序:	测量设备要定期校验以保证精度
所应用的数据值:	
备注:	

<b>编号</b>	<b>4</b>
<b>数据/参数:</b>	$PF_{heat,y}$
单位:	GJ
描述:	第 y 年项目期间内的, 项目净购入的热力量
所使用数据的来源:	项目监测设备或运行记录
监测程序:	设备监测记录
监测频率:	连续
质量控制程序:	测量设备要定期校验以保证精度
所应用的数据值:	
备注:	

<b>编号</b>	<b>5</b>
<b>数据/参数:</b>	$PEF_{pro,CO2,y}$
单位:	tCO <sub>2</sub> /t
描述:	年度 y 期间内, 产品 (直接还原铁) 的排放因子

所使用数据的来源:	任选项: 1) 现场统计计算; 2) 中国国家标准 GB/T 32151.5—2015《温室气体排放核算与报告要求, 第 5 部分: 钢铁生产企业》
监测程序:	化验分析测试出的直接还原铁所含的 C 含量, 计算出产生的 CO <sub>2</sub> 排放量
监测频率:	至少每月监测计算 1 次
质量控制程序:	测量设备要定期校验以保证精度
所应用的数据值:	
备注:	

<b>编号</b>	<b>6</b>
<b>数据/参数:</b>	$PM_{Fe}$
单位:	%
描述:	年度 y 期间内, 项目产品直接还原铁的平均金属铁含量
所使用数据的来源:	现场统计分析
监测程序:	化学方法进行分析测定
监测频率:	至少每月监测 1 次
质量控制程序:	测量设备要定期校验以保证精度
所应用的数据值:	
备注:	