

# Comparison and study of cost allocation method between oxygen and nitrogen in iron and steel industry

Xueliang Wang<sup>1</sup> Shuangquan Deng<sup>2</sup>

1 Chengdu-Chongqing Vanadium and Titanium Technology Co., Ltd., Neijiang, Sichuan, 642469, China

2 Neijiang Yingde Gas Co., Ltd., Neijiang, Sichuan, 642469, China

## Abstract

This study systematically analyzes the principles and application effectiveness of four cost allocation methods for oxygen and nitrogen in steel industry air separation units: fixed unit price method, proportional cost allocation method, equivalent oxygen quantity conversion coefficient method, and product energy value allocation method. Through comparative analysis of case data from a long-process steel enterprise, the study evaluates these methods across four dimensions: cost dynamics, accuracy, applicability, and computational complexity. The research findings indicate that the equivalent oxygen quantity conversion coefficient method (Method 3) demonstrates optimal accuracy and industry adaptability based on the principle of equivalent energy consumption conversion; the proportional cost allocation method (Method 2) ranks second, suitable for conventional cost analysis; the fixed unit price method (Method 1) is simple but lacks dynamic adjustment capability; while the energy value allocation method (Method 4) should be used cautiously due to its detachment from practical industrial applications. This study provides methodological references for refined gas cost control in steel enterprises.

## Keywords

steel industry; gas cost; cost allocation; equivalent oxygen content; energy value

# 钢铁行业氧气与氮气成本分摊方法的比较与研究

王学良<sup>1</sup> 邓双全<sup>2</sup>

1 成渝钒钛科技有限公司, 中国·四川内江市 642469

2 内江盈德气体有限公司, 中国·四川内江市 642469

## 摘要

本文针对钢铁行业空分装置氧气与氮气的成本分摊问题, 系统分析了固定单价法、成本比例分摊法、当量氧气体积折算系数法及产品焓值分摊法的原理与应用效果。通过某长流程钢铁企业的实例数据对比, 从成本动态性、准确性、适用性和计算复杂度四个维度进行评估。研究表明: 当量氧气体积折算系数法(方法三)基于能耗等量转换原理, 准确性和行业适配性最优; 成本比例分摊法(方法二)次之, 适用于常规成本分析; 固定单价法(方法一)简便但缺乏动态调整能力; 焓值分摊法(方法四)因脱离行业实际应用场景, 建议谨慎采用。本研究为钢铁企业精细化气体成本管控提供了方法论参考。

## 关键词

钢铁行业; 气体成本; 成本分摊; 当量氧气体积; 焓值

## 1 前言

氧气与氮气作为钢铁生产的关键辅助介质, 其成本占长流程钢铁企业总成本的 2% ~ 2.5%。氧气主要用于高炉富氧、转炉炼钢及连铸切割, 氮气则应用于转炉吹氮、溅渣护炉及仪表气源等场景。长流程钢铁企业氧气需求量达 80-100 m<sup>3</sup>/t 钢, 氮气达 120-150 m<sup>3</sup>/t 钢; 短流程企业氧气和氮气需求量均为 50-60 m<sup>3</sup>/t 钢。当前钢铁行业进入深度调整期, 精细化成本管控成为提升竞争力的核心手段, 因此科学合理

的气体成本分摊方法具有重要实践意义。

空分装置采用深冷法分离空气, 其能耗(电耗)占总成本的 70% ~ 80%, 故成本分摊的核心在于能耗分配。本文以某长流程钢铁企业两套 4 万 m<sup>3</sup>/h 空分装置为例, 对比四种主流分摊方法的优劣, 为企业提供决策依据。

## 2 成本分摊方法原理

本文研究对象为长流程钢铁企业, 其空分装置供给中压(2.2MPa, 表压)和低压(0.8MPa, 表压)两种压力等级的氧气与氮气。其中, 中压氧气主要用于炼钢厂转炉炼钢、钢坯切割及各分厂检修; 低压氧气主要用于炼铁厂高炉富氧; 中压氮气主要用于炼钢厂转炉工艺吹氮和溅渣护炉; 低压氮气则用于各分厂仪表气源、反吹用气及密封用气等。

【作者简介】王学良(1968-)男, 本科, 工程师, 从事钢铁企业动力能源高效利用研究。

随着企业对工序成本管控的强化,炼钢厂和炼铁厂等主要用气单位对气体成本的关注度显著提升,而成本核算的核心在于选择合理的氧气氮气成本分摊方法。

空分装置的电耗(能耗)占总成本的70%~80%,因此电耗分摊是成本核算的关键环节。在确定主要产品的电耗分摊系数后,其他成本可按相同比例分摊。本文聚焦氧气和氮气的成本分摊方法,暂不纳入用量较小的氩气及作为利润项的液体产品(如液氧、液氮)。若企业需进一步精细化核算,可参照本文方法扩展应用。

### 2.1 固定单价法

固定单价法是企业对氧气和氮气设定固定价格的成本核算方式。其定价依据主要包括:对标外部同类型制氧厂的气体价格;基于自身空分装置设计的氧氮电单耗数据,按电单耗成本结合其他成本的分摊比例测算;对于外购气体公司气体,按购气价格加计额外动力成本等综合确定。

该方法通常仅区分氧气和氮气两种产品的价格,不考虑中压与低压气体的差异。采用固定单价后,制氧厂的实际生产成本与气体产品成本无法完全匹配,可能产生效益或亏损,且随企业生产模式变化导致的用气需求波动,效益或亏损额会出现较大变化。

实例:某实例制氧厂氧气氮气的固定单价为0.4816元/NM<sup>3</sup>、0.0898元/NM<sup>3</sup>;参考电力单价0.55元/kW.h。

### 2.2 成本比例分摊法

成本比例分摊法以制氧厂成本周期内实际发生的生产成本为基数,按氧气和氮气的预设分摊比率计算各自成本额及单价。成本周期通常为一个月,故各周期单价可能不同。

分摊比率基于设定的氧氮电单耗及实际氮氧比(氮气用量/氧气用量)计算,公式如下:

$$\text{氧气成本的分摊比率} = \frac{\text{氧气电单耗}}{(\text{氧气电单耗} + \text{氮气电单耗} \times \text{氮氧比})}$$

$$\text{氮气成本的分摊比率} = \frac{\text{氮气电单耗} \times \text{氮氧比}}{(\text{氧气电单耗} + \text{氮气电单耗} \times \text{氮氧比})}$$

$$\text{氧气单价} = \frac{\text{生产成本总额} \times \text{氧气成本分摊比率}}{\text{氧气产量}}$$

$$\text{氮气单价} = \frac{\text{生产成本总额} \times \text{氮气成本分摊比率}}{\text{氮气产量}}$$

实例:某制氧厂核定氧气电单耗为0.66kW·h/NM<sup>3</sup>,氮气电单耗为0.135kW·h/NM<sup>3</sup>,氮氧比为1.4:1,则:

$$\text{氧气成本分摊比率} = \frac{0.66}{(0.66 + 0.135 \times 1.4)} = 0.7774$$

$$\text{氮气成本分摊比率} = \frac{0.135 \times 1.4}{(0.66 + 0.135 \times 1.4)} = 0.2226$$

### 2.3 当量氧气量折算系数分摊法

当量氧气量折算系数分摊法基于能耗相等原则,将空分装置所有产品折算为基准气氧产品的当量氧气量,再按各产品当量氧气量占总量的比例分摊成本。各产品的成本分摊比率等同于其电耗分摊比率,计算公式为:

$$\text{某产品的成本分摊比率} = \frac{\text{该产品的当量氧气量}}{\text{当量氧气产量总量}}$$

$$\text{某产品单价} = \text{生产成本总额} \times \text{该产品成本分摊比率} \div \text{该产$$

### 品产量

目前,河北省《工业气体空分产品单位产品综合电耗限额》(DB13/T 5611-2022)、上海市《工业气体空分单位产品能源消耗限额》(DB31 757-2020)、江苏省《工业气体空分单位产品综合电耗限额及计算方法》(DB32/T 3197-2017)和浙江省《工业气体空分产品单位综合电耗限额及计算方法》(DB33 766-2015)等地方标准提供了产品折算系数α值(产品折算为基准气氧的系数)。虽上海标准以高压气氧(2.4MPa-7MPa)为基准,其他三地以低压气氧(0.1MPa-0.8MPa)为基准,但分析表明两者电单耗计算结果一致,故本文统一采用低压气氧作为基准。

钢铁行业常用气体产品的气量折算系数α值如下表所示:

表 1

产品种类	α 值	产品压力 (A)
低压氧气	1	0.1≤P≤0.8MPa
中压氧气	1.184	0.8<P≤2.4MPa
低压氮气	0.171	0.1≤P≤0.8MPa
中压氮气	0.303	0.8<P≤2.4MPa

### 2.4 产品焓值分摊法

中国钢铁工业协会发布的《钢铁行业空分能耗分摊计算方法》(YB/T 4560-2016)提出了基于产品焓值的分摊方法。该方法以空分产品输出状态的焓值为基础,各产品能耗分摊系数为其焓值与总焓值的比值,产品实际能耗为总能耗与分摊系数的乘积,其中产品焓值=产品产量×产品单位焓值。能耗之外的其他成本按相同系数分摊。

根据YB/T 4560-2016标准,不同压力下气体的单位焓值如下表所示:

表 2

气体种类	0.8MPa(g)(kW·h/m <sup>3</sup> )	2.2MPa(g)(kW·h/m <sup>3</sup> )
氧气	0.113	0.141
氮气	0.068	0.089

## 3. 实例测算与对比

### 3.1 基础数据

以某制氧厂为研究对象,该厂拥有两套4万制氧机组,2025年某月度生产数据如下:

氧气外供量:50739672NM<sup>3</sup>,其中低压气量27676688NM<sup>3</sup>、中压气量23062984NM<sup>3</sup>

氮气外供量:70400505NM<sup>3</sup>,其中低压气量41465568NM<sup>3</sup>、中压气量28934937NM<sup>3</sup>

用电量:42805600kW.h;电力单价:0.55元/kW.h

其他成本:6920000元(含资产折旧、设备维护、其他动力费用、人工费、管理费等)

总成本:经计算,本期总成本为30463080元

### 3.2 四种方法测算结果

#### 3.2.1 固定单价法测算

采用氧气单价 0.4816 元 /Nm<sup>3</sup>、氮气单价 0.0898 元 /Nm<sup>3</sup>;

测算结果如下:

本期收益=氧气单价 × 氧气产量+氮气单价 × 氮气产量-

本期总成本= 295111.38 元

#### 3.2.2 成本比率分摊法测算

基于氧气电单耗 0.66kW · h/Nm<sup>3</sup>、氮气电单耗 0.135kW · h/Nm<sup>3</sup>、氮氧比 1.3875, 测算结果如下表:

表 4

	单位	低压氧气	中压氧气	低压氮气	中压氮气
产品产量	NM3	27676688	23062984	41465568	28934937
折算系数 α		1	1.184	0.171	0.303
产品当量氧气	NM3	27676688	27306573	7090612	8767286
当量氧气总量	NM3	70841159			
分摊成本比率		0.3907	0.3855	0.1001	0.1238
分摊成本	元	11901516	11742359	3049101	3770104
产品单价	元 /NM3	0.4300	0.5091	0.0735	0.1303
产品综合单价	元 /NM3	0.4660		0.0969	

#### 3.2.4 产品焓值分摊法测算

根据单位焓值计算, 结果如下表

表 3

项目	数据	单位
氧气成本分摊比率	0.7789	
氮气成本分摊比率	0.2211	
生产成本总额	30463080	元
氧气单价	0.4677	元 /NM <sup>3</sup>
氮气单价	0.0957	元 /NM <sup>3</sup>

#### 3.2.3 当量氧气量折算系数分摊法测算

按折算系数 α 值计算 (为便于 α 值的对应, 低压及中压供气压力视同为 α 值折算表中的低压和中压), 结果如下表

### 3.3 四种方法测算结果汇总

四种分摊方法的产品测算单价对比汇总如下表:

表 5

	单位	低压氧气	中压氧气	低压氮气	中压氮气
产品产量	NM <sup>3</sup>	27676688	23062984	41465568	28934937
单位焓值	kW.h/NM <sup>3</sup>	0.113	0.141	0.068	0.089
产品焓值	kW.h	3127465	3251880	2819658	2575209
总焓值	kW.h	11774214.51			
成本分摊比率		0.2656	0.2762	0.2395	0.2187
分摊成本	元	8091600	8413496	7295220	6662764
产品单价	元 /NM <sup>3</sup>	0.2924	0.3648	0.1759	0.2303
产品综合单价	元 /NM <sup>3</sup>	0.3253		0.1983	

表 6

分摊方法	产品	单价 (元 /NM <sup>3</sup> )	产品单价比	固定性	计算效益 (元)
一	氧气	0.4816	5.36	固定	295111.38
	氮气	0.0898			
二	氧气	0.4677	4.89	变动	0
	氮气	0.0957			
三	氧气	0.4660	4.81	变动	0
	氮气	0.0969			
四	氧气	0.3253	1.64	变动	0
	氮气	0.1983			

## 4. 方法讨论

### 4.1 成本动态性

固定单价法: 单价固定, 制氧单元损益随实际成本波动 (如本例盈利 29.51 万元);

其他三种方法: 成本全部分摊至气体产品, 单价随周期内成本和用量动态变化, 无单元损益。

### 4.2 准确性

当量氧气量法: 采用行业标准折算系数, 考虑压力差异,

准确性最高；

成本比例分摊法：基于设计电单耗，与实际数据略有偏差，但适用性强；

固定单价法：依赖经验或对标数据，准确性中等；

焓值分摊法：理论上最精确，但氮氧单价比（1.64:1）远低于行业常规（4-5:1），脱离实际应用场景。

### 4.3 适用性与便捷性

表 7

方法	适用阶段	计算复杂度	优势场景
固定单价法	粗放管控	简单	快速估算、预算编制
成本比例法	常规成本分析	中等	月度成本核算、工序对标
当量氧气量法	精细化管控	较高	多压力等级气体定价、成本溯源
焓值分摊法	理论研究	复杂	能源效率优化分析

## 5. 结论与建议

### 5.1 推荐优先级：

当量氧气量折算系数法(方法三) > 成本比例分摊法(方

法二) > 固定单价法(方法一)；

### 5.2 方法选择策略：

精细化成本管控阶段：优先采用方法三，精确反映不同压力气体的真实成本；

常规管理阶段：采用方法二，平衡准确性与效率；

简化核算场景：采用方法一，如预算编制或快速估算；

### 5.3 焓值分摊法

因计算过于专业，同时与行业成本口径差异较大，建议仅用于能源效率研究，不纳入日常成本核算方法选择。

为进一步提升气体成本管控的精细化水平，本文研究的气体成本分摊方法，可通过建立动态成本分摊模型，扩展进行气体成本的日清日结分析。

### 参考文献

- [1] DB13/T 5611-2022, 工业气体空分产品单位产品综合电耗限额 [S].
- [2] DB31/757-2020, 工业气体空分单位产品能源消耗限额 [S].
- [3] DB32/T 3197-2017, 工业气体空分单位产品综合电耗限额及计算方法 [S].
- [4] YB/T 4560-2016, 钢铁行业空分能耗分摊计算方法 [S].