



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112538552 B

(45) 授权公告日 2022.03.15

(21) 申请号 202011313616.6

(22) 申请日 2020.11.20

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112538552 A

(43) 申请公布日 2021.03.23

(73) 专利权人 江苏沙钢集团有限公司

地址 215625 江苏省苏州市张家港市锦丰
镇沙钢科技大楼

专利权人 北京科技大学

江苏集萃冶金技术研究院有限公
司

(72) 发明人 雷鸣 杜屏 刘潮 高天路

张建良 张华 梁晓乾

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 王美章

(51) Int.Cl.

G21B 5/00 (2006.01)

G06F 17/10 (2006.01)

审查员 晏轻

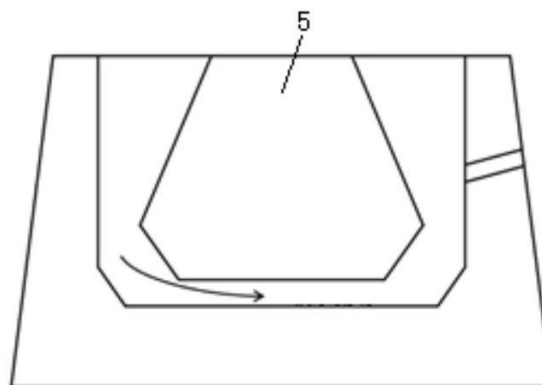
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种高炉死铁层深度确定方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高炉死铁层深度确定方法,属于高炉炼铁技术领域。方法如下:选定高炉,确定块状带与软熔带总体积 ΔV ;计算块状带与软熔带的总重力 G_1 ;计算煤气对死料柱浮力 F_g ;计算炉壁摩擦力 F_b ;建立渣层厚度 h_s 和炉缸渣层对死料柱浮力 F_s 的关系式;建立铁水高度 h_i 和铁层对死料柱浮力 F_i 的关系式;建立铁水高度 h_i 和滴落带与死料柱的焦炭总重力 G_2 的关系式;建立 G_1 、 G_2 、 F_g 、 F_s 、 F_b 和铁 F_i 的关系式,导出铁水高度 h_i 计算式;建立高炉排进渣铁的条件下死铁层深度 $h_{死}$ 计算模型,确定死铁层深度。本发明能够根据不同级别高炉的设计参数、工作条件,来确定适宜的死铁层深度,解决了现有高炉死铁层深度仅能根据经验确定、无法有效适配对应高炉条件的问题。



1. 一种高炉死铁层深度确定方法,其特征在于,步骤如下,

一、选定高炉,确定块状带与软熔带总体积 ΔV :

$$\Delta V = V - V_H - V_T - NV_{Rw};$$

其中, V 为高炉有效容积, V_H 为铁口至风口段体积, V_T 为炉喉空区所占体积, N 为风口数量, V_{Rw} 为单个回旋区体积;

二、计算块状带与软熔带的总重力 G_1 :

$$G_1 = \rho_m g \Delta V;$$

其中, ρ_m 为块状带与软熔带混合密度, g 为重力加速度;

ρ_m 按照计算式 $\rho_m = \frac{(1-\varepsilon)(m_0+m_c)}{\frac{m_0}{\rho_0} + \frac{m_c}{\rho_c}}$ 确定,其中, m_0 为铁矿比, m_c 为焦比, ρ_0 为矿石密度, ε 为

块状带孔隙率;

三、计算煤气对死料柱浮力 F_g :

$$F_g = \left[p_{bl} - p_{top} - \xi \frac{\rho_g v_t^2}{2} \right] A;$$

其中, p_{bl} 为鼓风压力, p_{top} 为炉顶压力, ρ_g 为煤气密度, v_t 为风口处鼓风风速, ξ 为风口处鼓风损失系数, $\xi=1.1$, A 为炉缸横截面积;

四、计算炉壁摩擦力 F_b :

$$F_b = 2\rho_m V \frac{u^{0.5} d^{0.25} g^{0.15}}{A^{0.25}};$$

其中, u 为炉料下降速度, d 为炉料平均粒径;

五、建立渣层厚度 h_s 和炉缸渣层对死料柱浮力 F_s 的关系式:

$$F_s = \rho_s g A h_s (1 - \varepsilon_d);$$

其中, ρ_s 为炉渣密度, ε_d 为死焦堆孔隙率,渣层厚度 h_s 及炉缸渣层对死料柱浮力 F_s 均为未知值;

六、建立铁水高度 h_i 和铁层对死料柱浮力 F_i 的关系式:

$$F_i = \rho_i g A h_i (1 - \varepsilon_d);$$

其中, ρ_i 为铁水密度,铁水高度 h_i 及铁层对死料柱浮力 F_i 均为未知值;

七、建立铁水高度 h_i 和滴落带与死料柱的焦炭总重力 G_2 的关系式:

$$G_2 = \rho_c g V_H (1 - \varepsilon_d) + \rho_c g h_i A (1 - \varepsilon_d);$$

其中, ρ_c 为焦炭密度,铁水高度 h_i 及滴落带与死料柱的焦炭总重力 G_2 均为未知值;

八、建立块状带与软熔带的总重力 G_1 、滴落带与死料柱的焦炭总重力 G_2 、煤气对死料柱浮力 F_g 、炉缸渣层对死料柱浮力 F_s 、炉壁摩擦力 F_b 和铁层对死料柱浮力 F_i 的关系式:

$$G_1 + G_2 = F_g + F_s + F_b + F_i;$$

九、根据步骤六、步骤七和步骤八的关系式,导出铁水高度 h_i 计算式:

$$h_i = \frac{\rho_m g \Delta V + \rho_c g V_H (1 - \varepsilon_d) - F_g - F_b - F_s}{(\rho_i - \rho_c)(1 - \varepsilon_d) g A};$$

十、建立高炉排进渣铁的条件下死铁层深度 $h_{死}$ 的计算模型:

$$h_{死} = h_i + h_{浮};$$

其中, $h_{浮}$ 为死料柱浮起高度;

在高炉排进渣铁的条件下, $h_{\text{浮}}=0, F_s=0$, 由此确定高炉死铁层深度。

2. 根据权利要求1所述的一种高炉死铁层深度确定方法, 其特征在于, 步骤一中:

V_H 按照计算式 $V_H=Ah_H$ 确定, 其中, h_H 为铁口到风口中心线距离;

V_T 按照计算式 $V_T = \frac{\pi d_T^2 h_T}{4}$ 确定, 其中, d_T 为炉喉直径, h_T 为料线深度, π 为圆周率;

V_{RW} 按照计算式 $V_{RW} = \frac{\pi}{6} d_{RW}^3$ 确定, 其中, d_{RW} 为回旋区深度。

一种高炉死铁层深度确定方法

技术领域

[0001] 本发明属于高炉炼铁技术领域,更具体地说,涉及一种高炉死铁层深度确定方法。

背景技术

[0002] 钢铁冶金工业是国民经济的重要支柱产业,随着我国高炉冶炼技术的不断成熟,对高炉长寿提出了新的要求。高炉炉缸寿命是高炉长寿的限制性因素之一,在高炉设计中,炉缸结构的设计尤为重要,除却耐火材料使用外,炉缸死铁层的深度设计是高炉炉缸长寿的重要指标,大量的高炉炉缸破损调查证明,死铁层深度的合理性直接影响到炉缸侵蚀速度,死铁层深度过浅不利于开通料柱下部通道,死料柱无法浮起;死铁层过深会增大铁水静压力,使炉缸下部及炉底炭砖渗铁加剧,不利于高炉长寿。

[0003] 目前,国内的高炉死铁层深度往往根据经验值来确定,由于不同高炉尺寸参数及实际的冶炼参数不同,仅依靠经验值来确定死铁层深度往往存在较大风险,难以适配,对高炉寿命产生不利影响。

发明内容

[0004] 为了解决上述技术问题至少之一,根据本发明的一方面,提供了一种高炉死铁层深度确定方法,其特征在于,步骤如下,

[0005] 一、选定高炉,确定块状带与软熔带总体积 ΔV :

[0006] $\Delta V = V - V_H - V_T - NV_{Rw}$;

[0007] 其中, V 为高炉有效容积, V_H 为铁口至风口段体积, V_T 为炉喉空区所占体积, N 为风口数量, V_{Rw} 为单个回旋区体积;

[0008] 块状带与软熔带总体积 ΔV 较难直接进行计算,估算或是依靠经验确定容易产生较大误差,影响最终死铁层深度的确定,本方案采用分段计算法,分别确定高炉内不同部分的体积后计算确定 ΔV ,可大大提高块状带与软熔带总体积 ΔV 确定的准确度;

[0009] 二、计算块状带与软熔带的总重力 G_1 :

[0010] $G_1 = \rho_m g \Delta V$;

[0011] 其中, ρ_m 为块状带与软熔带混合密度, g 为重力加速度;

[0012] 三、计算煤气对死料柱浮力 F_g :

[0013] $F_g = \left[p_{bl} - p_{top} - \xi \frac{\rho_g v_t^2}{2} \right] A$;

[0014] 其中, p_{bl} 为鼓风压力, p_{top} 为炉顶压力, ρ_g 为煤气密度, v_t 为风口处鼓风风速, ξ 为风口处鼓风损失系数, A 为炉缸横截面积;

[0015] 煤气对于死料柱的浮力涉及到高炉的实际操作参数如鼓风压力、风速等参数,本方案依据此建立了上述计算式计算煤气浮力 F_g ;

[0016] 四、计算炉壁摩擦力 F_b :

$$[0017] \quad F_b = 2\rho_m V \frac{u^{0.5} d^{0.25} g^{0.15}}{A^{0.25}};$$

[0018] 其中,u为炉料下降速度,d为炉料平均粒径;

[0019] 五、建立渣层厚度 h_s 和炉缸渣层对死料柱浮力 F_s 的关系式:

$$[0020] \quad F_s = \rho_s g A h_s (1 - \varepsilon_d);$$

[0021] 其中, ρ_s 为炉渣密度, ε_d 为死焦堆孔隙率,渣层厚度 h_s 及炉缸渣层对死料柱浮力 F_s 均为未知值;

[0022] 六、建立铁水高度 h_i 和铁层对死料柱浮力 F_i 的关系式:

$$[0023] \quad F_i = \rho_i g A h_i (1 - \varepsilon_d);$$

[0024] 其中, ρ_i 为铁水密度,铁水高度 h_i 及铁层对死料柱浮力 F_i 均为未知值;

[0025] 炉缸处对于死料柱的浮力分为炉缸渣层和铁层两个区域,炉缸部位渣与铁出现分层,上部为密度较小的渣层,下部为密度较大的铁层,炉缸的渣层和铁层对死料柱的浮力存在差异,因此,步骤五和步骤六分别针对炉缸渣层对死料柱的浮力以及铁层对死料柱浮力建立了关系式;

[0026] 七、建立铁水高度 h_i 和滴落带与死料柱的焦炭总重力 G_2 的关系式:

$$[0027] \quad G_2 = \rho_c g V_H (1 - \varepsilon_d) + \rho_c g h_i A (1 - \varepsilon_d);$$

[0028] 其中, ρ_c 为焦炭密度,铁水高度 h_i 及滴落带与死料柱的焦炭总重力 G_2 均为未知值;

[0029] 八、建立块状带与软熔带的总重力 G_1 、滴落带与死料柱的焦炭总重力 G_2 、煤气对死料柱浮力 F_g 、炉缸渣层对死料柱浮力 F_s 、炉壁摩擦力 F_b 和铁层对死料柱浮力 F_i 的关系式:

$$[0030] \quad G_1 + G_2 = F_g + F_s + F_b + F_i;$$

[0031] 九、根据步骤六、步骤七和步骤八的关系式,导出铁水高度 h_i 计算式:

$$[0032] \quad h_i = \frac{\rho_m g \Delta V + \rho_c g V_H (1 - \varepsilon_d) - F_g - F_b - F_s}{(\rho_i - \rho_c)(1 - \varepsilon_d) g A};$$

[0033] 当死料柱所受总重力 $G_1 + G_2$ 与煤气对死料柱浮力 F_g 、炉缸渣层对死料柱浮力 F_s 、炉壁摩擦力 F_b 和铁层对死料柱浮力 F_i 的合力相等时,死料柱刚好可以浮起,在此条件下的 h_i 的值即为确定死铁层深度的优选值;

[0034] 十、建立高炉排进渣铁的条件下死铁层深度 $h_{死}$ 的计算模型:

$$[0035] \quad h_{死} = h_i + h_{浮};$$

[0036] 其中, $h_{浮}$ 为死料柱浮起高度;

[0037] 在高炉排进渣铁的条件下, $h_{浮} = 0, F_s = 0$,由此确定高炉死铁层深度。

[0038] 在合理的死铁层深度下,死料柱是始终浮于铁水上的,因此,在高炉高炉排进渣铁的条件下建立计算模型,确定的死铁层深度最为合理,在高炉排进渣铁的条件下, $h_{浮} = 0, F_s = 0$,由此可得到计算式:

$$[0039] \quad h_{死} = \frac{\rho_m g \Delta V + \rho_c g V_H (1 - \varepsilon_d) - F_g - F_b}{(\rho_i - \rho_c)(1 - \varepsilon_d) g A};$$

[0040] 进而确定死铁层深度。

[0041] 根据本发明实施例的高炉死铁层深度确定方法,可选地,步骤一中:

[0042] V_H 按照计算式 $V_H = A h_H$ 确定,其中, h_H 为铁口到风口中心线距离;

[0043] 按照 $A = \frac{\pi D^2}{4}$ 确定,其中,D为炉缸横截面直径;

[0044] V_T 按照计算式 $V_T = \frac{\pi d_T^2 h_T}{4}$ 确定,其中, d_T 为炉喉直径, h_T 为料线深度, π 为圆周率;

[0045] V_{Rw} 按照计算式 $V_{Rw} = \frac{\pi}{6} d_{Rw}^3$ 确定,其中, d_{Rw} 为回旋区深度。

[0046] 通过不同的计算式分别确定高炉中 V_H 、 V_T 及 V_{Rw} 的大小,再根据 $\Delta V = V - V_H - V_T - NV_{Rw}$ 确定块状带与软熔带总体积,通过此方法,使得块状带与软熔带总体积的确定更加直观有效。

[0047] 根据本发明实施例的高炉死铁层深度确定方法,可选地,步骤二中, ρ_m 按照计算式

$\rho_m = \frac{(1-\varepsilon)(m_0+m_c)}{\frac{m_0}{\rho_0} + \frac{m_c}{\rho_c}}$ 确定,其中, m_0 为铁矿比, m_c 为焦比, ρ_0 为矿石密度, ε 为块状带孔隙率。

[0048] 块状带与软熔带混合密度的准确度对计算块状带与软熔带的总重力 G_1 的精确度有着很大影响,进而影响着确定的死铁层深度的有效性,本方案构建的块状带与软熔带混合密度的计算式能更加准确的确定出块状带与软熔带混合密度。

[0049] 根据本发明实施例的高炉死铁层深度确定方法,可选地,步骤三中, ξ 取 $\xi=1.1$ 。

[0050] 本发明的高炉死铁层深度确定方法,能够根据不同立级高炉的设计参数、工作条件,来确定适宜的死铁层深度,进而确保高炉的长寿,也能根据本方法,对不同立级高炉的死铁层进行修正以延长其炉缸使用寿命,解决了现有的高炉死铁层深度仅能根据经验确定、无法有效适配对应高炉条件的问题。

附图说明

[0051] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅涉及本发明的一些实施例,而非对本发明的限制。

[0052] 图1示出主视角下炉缸铁水环流方式示意图;

[0053] 图2示出了俯视角下炉缸铁水环流方式示意图;

[0054] 图3示出了高炉内部结构示意图;

[0055] 图4示出了不同立级的高炉死铁层深度确定结果比较图;

[0056] 附图标记:

[0057] 1、块状带;2、软熔带;3、滴落带;4、回旋区;5、死料柱;6、炉缸渣层;7铁层。

具体实施方式

[0058] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例的附图,对本发明实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。

[0059] 高炉炉缸铁水环流方式如图1和图2所示,箭头表示铁水流向,死铁层深度的确定,对于死料柱5有着很大影响,死铁层深度过浅不利于开通料柱下部通道,死料柱5无法浮起;死铁层过深会增大铁水静压力,使炉缸下部及炉底炭砖渗铁加剧,均不利于高炉长寿使用,传统的仅依靠经验确定死铁层深度的方法显然无法有效确定合适的死铁层深度,基于此,本实施例的方法旨在针对不同立级高炉的设计工作条件的不同,来针对性的确定合理的死铁层深度。

[0060] 如图3所示,示出了高炉内部块状带1、软熔带2、滴落带3、回旋区4、死料柱5、炉缸渣层6、铁层7的位置。

[0061] 首先,根据不同立级的高炉,采集对应高炉需要确定死铁层深度所需的数据

	V/m^3	2500	3200	4500	5500
	h_H/m	4	4.2	4.8	5.4
	D/m	11.2	12.5	14.4	15.3
	d_T/m	8.3	9	10.2	11.5
	h_T/m	1.1	1.2	1.4	1.5
	d_{RW}/m	1.64	1.83	2.02	2.2
	N	30	32	36	40
	p_{bl}/KPa	395	409	417	437
	p_{top}/KPa	225	239	247	252
[0062]	$\rho_g(kg/m^3)$	1.363	1.363	1.363	1.363
	$\rho_0(kg/m^3)$	3520	3520	3520	3520
	$\rho_c(kg/m^3)$	990	990	990	990
	$v_t/(m/s)$	225	240	245	250
	$m_0/(kg/t)$	1689	1690	1692	1694
	$m_c/(kg/t)$	380	370	365	360
	ε	0.49	0.47	0.46	0.44
	$u/(m/s)$	0.015	0.018	0.022	0.025
	d/m	0.28	0.30	0.31	0.32
	ε_d	0.52	0.47	0.46	0.45

[0063] 重力加速度 g 均取 $9.8m/s$,铁水密度 ρ_i 均取 $7138kg/m^3$ 。

[0064] 计算不同立级的炉缸横截面积 A ,计算式为 $A = \frac{\pi D^2}{4}$ 。

[0065] 计算不同立级的铁口至风口段体积 V_H ,计算式为 $V_H = Ah_H$ 。

[0066] 计算不同立级的炉喉空区所占体积 V_T ,计算式为 $V_T = \frac{\pi d_T^2 h_T}{4}$ 。

[0067] 计算不同立级的单个回旋区4体积 V_{Rw} ,计算式为 $V_{Rw} = \frac{\pi}{6} d_{RW}^3$ 。

[0068] 计算不同立级的块状带1与软熔带2总体积 ΔV ,计算式为 $\Delta V = V - V_H - V_T - NV_{Rw}$ 。

[0069] 计算不同立级的块状带1与软熔带2混合密度 ρ_m ,计算式为 $\rho_m = \frac{(1-\varepsilon)(m_0+m_c)}{\frac{m_0}{\rho_0} + \frac{m_c}{\rho_c}}$ 。

[0070] 计算不同立级的块状带1与软熔带2的总重力 G_1 ,计算式为 $G_1 = \rho_m g \Delta V$ 。

[0071] 计算不同立级的煤气对死料柱5浮力 F_g ,计算式为 $F_g = \left[p_{bl} - p_{top} - \xi \frac{\rho_g v_t^2}{2} \right] A$ 。

[0072] 计算不同立级的炉壁摩擦力 F_b ,计算式为 $F_b = 2\rho_m V \frac{u^{0.5} d^{0.25} g^{0.15}}{A^{0.25}}$ 。

[0073] 建立渣层厚度 h_s 和炉缸渣层6对死料柱5浮力 F_s 的关系式 $F_s = \rho_s g Ah_s (1-\varepsilon_d)$;

[0074] 建立铁水高度 h_i 和铁层7对死料柱5浮力 F_i 的关系式 $F_i = \rho_i g Ah_i (1-\varepsilon_d)$;

[0075] 建立铁水高度 h_i 和滴落带3与死料柱5的焦炭总重力 G_2 的关系式 $G_2 = \rho_c g V_H (1-\varepsilon_d) + \rho_c g h_i A (1-\varepsilon_d)$;

[0076] 高炉中死料柱5恰好浮起时,此时的死铁层深度及相关参数为适宜本立级高炉的合理数值,而当 $G_1 + G_2 = F_g + F_s + F_b + F_i$ 时,此时死料柱5恰好浮起,结合本式及上述建立的关系

式,导出铁水高度 $h_i = \frac{\rho_m g \Delta V + \rho_c g V_H (1-\varepsilon_d) - F_g - F_b - F_s}{(\rho_i - \rho_c)(1-\varepsilon_d) g A}$ 。

[0077] 死铁层深度的构成为 $h_{死} = h_i + h_{浮}$ 。

[0078] 本实施例为保证死料柱5始终浮于铁水上,计算模型建立在高炉排进渣铁的条件

下,即此时 $h_{\text{浮}}=0, F_s=0$;由此得到 $h_{\text{死}} = \frac{\rho_m g \Delta V + \rho_c g V_H (1 - \varepsilon_d) - F_g - F_b}{(\rho_i - \rho_c)(1 - \varepsilon_d) g A}$ 。

[0079] 将采集的数据代入计算式中,得出不同立级的合理死铁层深度,如下表所示:

	高炉立级 (m ³)	2500	3200	4500	5500
[0080]	死铁层深度 (m)	2.66	3.03	3.57	3.90
	死铁层深度/炉缸直径 (%)	23.8	24.3	24.8	25.5

[0081] 不同立级高炉的合理死铁层深度的比较图如图4所示。

[0082] 经观察高炉实际生产情况表明,不同立级的高炉采用实施例计算的死铁层深度后,炉缸有效使用寿命大大增加。

[0083] 本发明所述实例仅仅是对本发明的优选实施方式进行描述,并非对本发明构思和范围进行限定,在不脱离本发明设计思想的前提下,本领域工程技术人员对本发明的技术方案作出的各种变形和改进,均应落入本发明的保护范围。

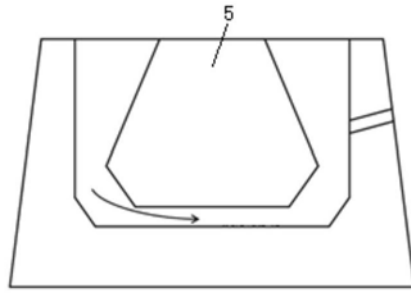


图1

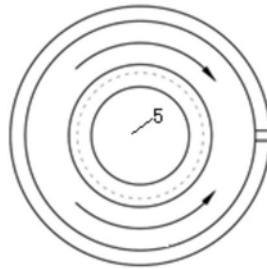


图2

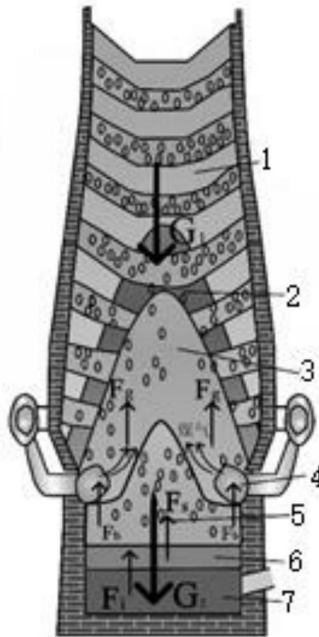


图3

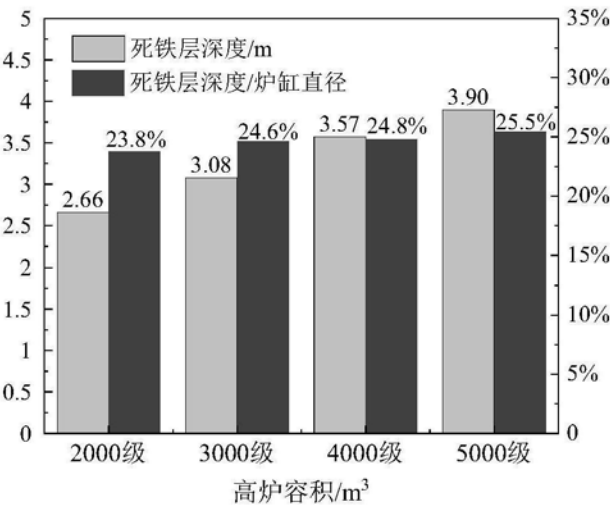


图4