



中华人民共和国国家标准

GB/T 41038—2021

气流床水煤浆气化能效计算方法

Energy consumption efficiency evaluation method for entrained-flow coal-water
slurry gasification

2021-12-31 发布

2022-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由全国煤化工标准化技术委员会(SAC/TC 469)归口。

本文件起草单位：华东理工大学、煤炭科学技术研究院有限公司、东华工程科技股份有限公司、华陆工程科技有限责任公司、空气化工产品(中国)投资有限公司、中国天辰工程有限公司、北京低碳清洁能源研究院、惠生工程(中国)有限公司、清华大学山西清洁能源研究院、兖矿水煤浆气化及煤化工国家工程研究中心有限公司、宁夏大学、潞安化工集团有限公司。

本文件主要起草人：王辅臣、丁华、郭庆华、胡文生、于广锁、余涛、胡凯、王兴军、代正华、高志辉、李文华、葛秀文、白向飞、路文学、屈强、潘文彦、周敬林、王增莹、张建胜、李磊、肖伟、付一春。

引 言

为贯彻《中华人民共和国节约能源法》《能源生产和消费革命战略(2016—2030)》等法律、法规,提高煤炭清洁利用水平和能源利用效率,制定和实施煤炭清洁高效利用规划,促进煤化工行业技术进步和可持续发展,制定本文件。

气流床水煤浆气化能效计算方法

1 范围

本文件规定了气流床水煤浆气化能效计算方法。
本文件适用于以煤、石油焦、半焦等为原料的气流床水煤浆气化单元的能效计算。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2589 综合能耗计算通则
GB 31571 石油化学工业污染物排放标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水煤浆 coal-water slurry

由煤、水和少量添加剂经过加工制成的具有一定粒度分布、流动性和稳定性的流体。

注:水煤浆按用途分为燃料用水煤浆和气化用水煤浆。

[来源:GB/T 18855—2014,3.1,有修改]

3.2

煤浆制备 coal-water slurry preparation

将化工用原料煤输送到磨煤机与水、添加剂等一起进行研磨,得到适合于气化的合格水煤浆的过程。

3.3

气流床水煤浆气化 entrained-flow coal-water slurry gasification

介质携带水煤浆并使其在气化炉内处于流动状态的气化过程。

[来源:GB/T 31428—2021,5.5,有修改]

3.4

合成气 syngas

以一氧化碳和氢气为主要组分的原料气或燃料气。

[来源:GB/T 31428—2021,5.9]

3.5

有效气 effective syngas

合成气中的一氧化碳和氢气。

3.6

循环冷却水 recirculating cooling water

通过换热器交换热量或直接接触换热方式来交换介质热量,并经冷却塔降温后循环使用的水。

3.7

锅炉给水 boiler feed water

经过水处理,水质符合规定给水标准的进入锅炉的水。

[来源:HG/T 3163—1987,3101]

3.8

脱盐水 desalinated water

除去了全部溶解的无机盐的水。

[来源:HG/T 3163—1987,3103,有修改]

3.9

副产蒸汽 by-product steam

气化过程或变换过程中产生的不同温度和压力等级的蒸汽。

3.10

气流床水煤浆气化能效 energy consumption efficiency for entrained-flow coal-water slurry gasification

气流床水煤浆气化在统计报告期内有效总能量输出与总能量输入之比。

4 基本规定

4.1 能效计算时,输入、输出能量采用统一的能源折算系数应符合附录 A 的规定。

4.2 在对不同气流床水煤浆气化工艺技术(包括激冷流程、废锅流程等)进行比较评价时,比较基准是标准状态下的有效气($\text{CO} + \text{H}_2$)每小时的产量。

4.3 输入/输出能量的计算均应按正常运行工况考虑,同时应考虑正常生产过程中的连续公用工程消耗和间断公用工程消耗。开停车、事故、消防、临时吹扫等工况下的消耗或产出不计入。正常生产过程中的间断消耗或产出折算为平均值后再计入。生产系统中产生的废气、废液、废渣中未回收使用的、无计量的、没有实测热值以及不作为能源利用的均不应计入能量输出。

4.4 气化使用的原料煤以干燥基为基准,原料煤、燃料气或燃料油等应按照低位发热量计算其携带的能量。

4.5 氧气、氮气等的能源折算系数应按照 GB/T 2589 进行折算,不同压力等级的氧气和氮气产品的折能系数参见附录 B。

4.6 外排污水要求应按照能量输入考虑,以满足 GB 31571 中规定的废水排放指标为基准,若不能满足时,应考虑经废水处理满足要求,并计算废水处理过程中的相应能耗。

4.7 制浆所用其他装置送来的废水应以 GB 31571 中规定的废水排放指标为基准,废水指标超出的部分,应考虑经废水处理满足要求,并计算废水处理过程中的相应能耗,将该能耗作为输出项。

4.8 制浆所用其他装置送来的污泥等危险固体废弃物制浆时,应考虑制浆所用危险废弃物以传统处理方式处理时的单位能耗,将该能耗作为输出项。

4.9 气流床水煤浆气化能效计算规定见附录 C。

5 计算

5.1 计算范围

如图 1 所示,气流床水煤浆气化单元包括:水煤浆制备和水煤浆输送、气化和排渣、粗合成气初步洗涤、工艺黑水处理和灰水利用以及粗合成气能量回收部分(包括粗合成气的激冷冷却、辐射废锅冷却,后续单元可利用压缩功等)、粗合成气变换等。

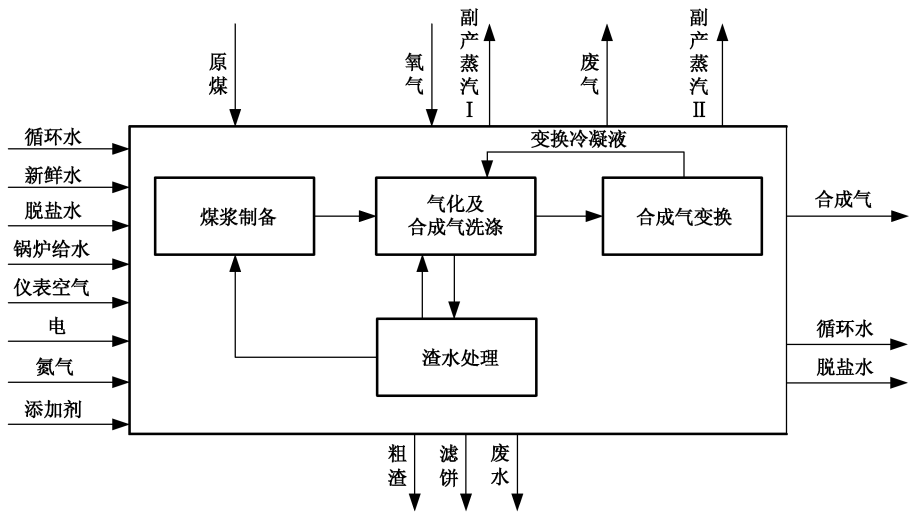


图 1 气流床水煤浆气化单元能效计算范围示意图

5.2 气化单元总能量输入

输入的能量统计包括：原料煤、氧气、燃料气/油、电、水蒸气、新鲜水、循环冷却水、脱盐水、锅炉给水、外排废水、压缩空气、仪表空气、氮气等耗能工质以及压力补偿功耗，不包括开停车、事故、消防、临时吹扫等的能量消耗。

5.3 气化单元总能量输出

输出的能量统计包括：变换合成气(含粗合成气能量回收)、高压闪蒸气、副产水蒸气、废水(利用其他装置废水制煤浆)、对外热交换输出等。

5.4 能效计算

气流床水煤浆气化系统的能效按式(1)计算：

$$EE = \frac{E_o}{E_i} = \frac{E_{o1} + E_{o2} + E_{o3} + E_{o4}}{E_{i1} + E_{i2} + E_{i3} + E_{i4} + E_{i5}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- EE ——气流床水煤浆气化系统能效；
- E_o ——气化单元(含变换)总能量输出，单位为兆焦每小时(MJ/h)；
- E_{o1} ——出变换有效气(CO+H₂)能量输出，单位为兆焦每小时(MJ/h)；
- E_{o2} ——出气化副产蒸汽能量输出，单位为兆焦每小时(MJ/h)；
- E_{o3} ——出变换副产蒸汽能量输出，单位为兆焦每小时(MJ/h)；
- E_{o4} ——进气化磨煤废水按能量输出，单位为兆焦每小时(MJ/h)；
- E_i ——气化单元(含变换)总能量输入，单位为兆焦每小时(MJ/h)；
- E_{i1} ——原料煤(干基)能量输入，单位为兆焦每小时(MJ/h)；
- E_{i2} ——氧气能量输入，单位为兆焦每小时(MJ/h)；
- E_{i3} ——公用工程能量输入，单位为兆焦每小时(MJ/h)；
- E_{i4} ——变换出口粗合成气冷却热能量输入，单位为兆焦每小时(MJ/h)；
- E_{i5} ——压力补偿功耗能量输入，单位为兆焦每小时(MJ/h)。

煤气化单元能量输入和能量输出汇总表见附录 D。

附 录 A

(规范性)

煤气化单元能源及耗能工质折算标煤系数

煤气化单元能源及耗能工质折算标煤系数见表 A.1。

表 A.1 煤气化单元能源及耗能工质折算标煤系数

序号	能源名称	折标准煤系数	国际单位制下的折算系数
1	电	0.314 kgce/(kW·h)	9.21 MJ/(kW·h)
2	标准油	1 429 kgce/t	41 868 MJ/t
3	标准煤	1 000 kgce/t	29 308 MJ/t
4	柴油	1 471 kgce/t	43 124 MJ/t
5	燃料气/油	按低位热值	按低位热值
6	蒸汽 ^a	—	—
7	新鲜水	0.21 kgce/t	6.28 MJ/t
8	循环冷却水	0.09 kgce/t	2.51 MJ/t
9	软化水	0.29 kgce/t	8.37 MJ/t
10	除盐水	1.43 kgce/t	41.87 MJ/t
11	104 °C 除氧水	9.29 kgce/t	272.14 MJ/t
12	凝汽机凝结水	1.43 kgce/t	41.87 MJ/t
13	需除油除铁的 120 °C 凝结水	7.86 kgce/t	230.27 MJ/t
14	可直接回用的 120 °C 凝结水	8.57 kgce/t	251.21 MJ/t
15	污水	1.57 kgce/t	46.05 MJ/t
16	净化压缩空气(标准状态下)	0.054 kgce/m ³	1.59 MJ/m ³
17	非净化压缩空气(标准状态下)	0.040 kgce/m ³	1.17 MJ/m ³
18	一氧化碳(标准状态下)	—	12.682 1 MJ/m ³
19	氢气(标准状态下)	—	10.742 6 MJ/m ³
20	甲烷(标准状态下)	—	35.789 2 MJ/m ³
注：一氧化碳、氢气、甲烷能耗折算引用自《化工工艺设计手册(第四版)》。其余数据引用自 GB/T 50441, 采用 GB/T 50441 中的统一能源折算值时, 涉及原材料、耗能工质等的温度、压力状态参数偏差, 需要充分考虑因温度、压力的不同导致的耗能差异。			
^a 蒸汽按对应温度、压力下的焓值进行折算。			

附 录 B
(资料性)

不同压力的单位空气产品折算标煤系数

不同压力的单位空气产品折算标煤系数见表 B.1。

表 B.1 不同压力的单位空气产品折算标煤系数

序号	能源名称	折标准煤系数	国际单位制下的折算系数
1	10.0 MPa 级氧气(标准状态下)	0.210 kgce/m ³	6.171 MJ/m ³
2	8.5 MPa 级氧气(标准状态下)	0.203 kgce/m ³	5.940 MJ/m ³
3	5.2 MPa 级氧气(标准状态下)	0.197 kgce/m ³	5.756 MJ/m ³
4	3.0 MPa 级氧气(标准状态下)	0.189 kgce/m ³	5.526 MJ/m ³
5	1.2 MPa 级氧气(标准状态下)	0.173 kgce/m ³	5.066 MJ/m ³
6	0.7 MPa 级氮气(标准状态下)	0.019 kgce/m ³	0.553 MJ/m ³
7	0.35 MPa 级氮气(标准状态下)	0.009 kgce/m ³	0.230 MJ/m ³
8	<0.03 MPa 级氮气(标准状态下)	0.000 6 kgce/m ³	0.018 MJ/m ³
不在列表中的不同压力的空气产品折标煤系数,可以采用插值计算。			

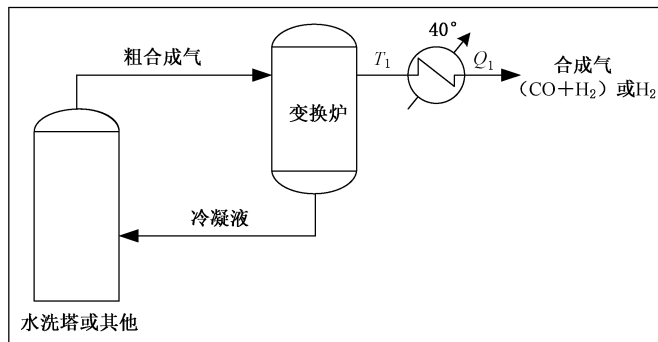
附 录 C

(资料性)

能效计算

C.1 能效计算出口界区条件

能效计算出口界区包含变换,如图 C.1 所示,出变换有效气温度 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,出变换的压力按 5.7 MPaG 。



注: T_1 为变换炉出口粗合成气温度, $T_1 \leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,粗合成气冷却热取 0。

Q_1 为释放热量。

图 C.1 粗合成气出变换冷却热

C.2 压力补偿功耗

气流床水煤浆气化技术的常见操作压力有 4.0 MPaG 、 6.5 MPaG 、 8.7 MPaG 等三个等级,以 6.5 MPaG 气化炉应用最为普遍。因此,选定 6.5 MPaG 气化炉为基准,考虑系统压降,出气化界区粗合成气压力为 6.3 MPaG ,出变换出口合成气压力确定为 5.7 MPaG 。若气化炉操作压力较低(如 4.0 MPaG),则将出变换出口合成气压力折算到 5.7 MPaG ,所需压力补偿功耗计入能量输入项。若气化炉操作压力较高(如 8.7 MPaG),同样将出变换出口合成气压力折算到 5.7 MPaG ,膨胀所释放的能量按负数计入压力补偿功耗能量输入项。为简化计算,需要具体给出压缩机计算时的入口温度、压缩机多变效率、压缩机机械效率等影响因素。

操作压力不同的气化工工艺的可利用压缩/膨胀功计算,以 5.7 MPaG 为基准,将出变换单元干基有效气压缩/膨胀到 5.7 MPaG 所需要压缩/膨胀功(全网)计为能量输入,其中压缩功计算按入口温度 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、压缩机多变效率 0.75 、压缩机机械效率 0.99 ,忽略压缩机的段间冷却水消耗。

附 录 D
(资料性)

煤气化单元能量输入和能量输出汇总表

煤气化单元能量输入和能量输出汇总表见表 D.1。

表 D.1 煤气化单元能量输入和能量输出汇总表

类 目	项 目	状态参数		消耗量/产出量		能源折算值		能量 MJ/h	备 注
		温度 ℃	压力 MPa	单位	数量	单位	数量		
能 量 输 出	1 变换合成气			m ³ /h		MJ/m ³			有效气
	2 蒸汽Ⅰ			t/h		MJ/t			气化副产,不同等级可补充
	3 蒸汽Ⅱ			t/h		MJ/t			变换副产,不同等级可补充
	4 制浆用废水			t/h		MJ/t			来自其他装置用于制浆
	5 其他								
	合计	—	—	—	—	—	—		
能 量 输 入	1 煤	常温	常压	t/h		MJ/t			
	2 氧气(标准状态下)			m ³ /h		MJ/m ³			99.6%(体积分数)纯度
	3 燃料气/油(标准状态下)			m ³ /h		MJ/m ³			
	4 电	—	—	kW		MJ/(kW·h)			
	5 可利用压缩功	—	—	MJ/h		—	—		
	6 高压蒸汽			t/h		MJ/t			
	7 中压蒸汽			t/h		MJ/t			
	8 低压蒸汽			t/h		MJ/t			
	9 新鲜水			t/h		MJ/t			
	10 循环冷却水			t/h		MJ/t			
	11 脱盐水			t/h		MJ/t			
	12 锅炉给水 1			t/h		MJ/t			
	13 锅炉给水 2			t/h		MJ/t			
	14 蒸汽冷凝液			t/h		MJ/t			
	15 外排废水			t/h		MJ/t			气化外排废水
	16 净化压缩空气(标准状态下)			m ³ /h		MJ/m ³			
	17 仪表空气(标准状态下)			m ³ /h		MJ/m ³			
	18 氮气(标准状态下)			m ³ /h		MJ/m ³			
	19 变换出口合成气冷却热								
合计		—	—	—	—	—	—		
能效									

参 考 文 献

- [1] GB/T 18855—2014 燃料水煤浆
 - [2] GB/T 31428—2021 煤化工术语
 - [3] GB/T 50441—2016 石油化工设计能耗计算标准
 - [4] HG/T 3163—1987 废热锅炉名词术语
 - [5] NB/T 10254—2019 气流床煤气化单元能效计算方法
 - [6] 中华人民共和国节约能源法(中华人民共和国主席令第四十八号)
 - [7] 能源生产和消费革命战略(2016—2030)(发改基础〔2016〕2795号)
 - [8] 中国石化集团上海工程有限公司.化工工艺设计手册(第四版)[M].北京:化学工业出版社.
2009.
-