

岩棉冲天炉的节能

①
22-27

内蒙古自治区新型建筑材料厂

孙才 杨志刚 沈志光

TQ343.405

摘要 岩棉及其制品是一种高效节能材料,虽其生产能耗与其所节能相比很低,但仍有较大的节能潜力。岩棉冲天炉能耗占岩棉总能耗的70%以上,本文以热平衡分析为基础并结合多年生产实践提出了岩棉冲天炉节能的措施建议。

矿棉(包括岩棉及矿渣棉)及其制品是一种应用广泛的新型高效绝热、节能材料。国内外大量应用实践表明,当其用于工业热力装置绝热时,大约节能 $10.46 \times 10^3 \text{KJ/小时} \cdot \text{M}^3$,折合每年节能3吨标准煤/ $\text{M}^3 \cdot \text{年}$,相当于节能20吨标准煤/年·吨产品。当其用于建筑物保温时,每使用一吨矿棉制品每年节能2.5~3.7吨标准煤。如用于工业热力装置及建筑物的矿棉制品的使用年限分别按七年和三十五年计算,其节能可达140吨标准煤/吨制品。因此其节能效益十分显著。

目前我国矿棉及其制品全行业一般生产水平生产每吨矿棉的总能耗(包括燃料及动力电耗)为730Kg标准煤。虽生产所需能耗占其所节能的比例非常低,但就全行业而言,其能耗总量可观。我国矿棉生产企业由于其设备装备与技术水平的差异,能耗水平相差悬殊。其中较先进的总能耗水平约为445Kg标准煤/吨产品,仅为一般生产水平生产总能耗的60%左右。因此矿棉生产企业具有较大的降耗节能的潜力。同时对于矿棉生产企业自身而言,其生产总能耗约占其产品变动成本的45%以上,因此在矿棉行

业中重视降耗节能具有十分突出的经济及社会意义。

一、岩棉冲天炉的能耗及热平衡

将用于生产矿棉的各种原料在高温熔炉中熔融成熔体并借助离心机及高能载体成纤是矿棉生产中最重要的一环。岩棉冲天炉与其它矿棉熔制设备相比,具有对原料适应性强、结构较简单、生产能力较大等特点,因此冲天炉成为国内外矿棉生产中最常采用的熔融设备。

岩棉冲天炉的能耗,包括原料熔融及废气处理等全部能耗约占矿棉生产总能耗的70~75%。目前我国矿棉及其制品全行业冲天炉一般能耗水平为560Kg标准煤/吨产品。较先进的冲天炉能耗水平低于425Kg标准煤/吨产品。而不少小型矿棉生产企业由于多种原因所致,冲天炉能耗中仅焦炭消耗竟高达850Kg/吨产品以上。因此矿棉冲天炉的降耗节能的研究是矿棉生产节能的重要内容之一。

岩棉冲天炉的降耗节能分析是建立在其热平衡分析基础上的。我国矿棉各生产企业的设备、装备、生产技术、原燃材料等条件相差较大,从而给其热平衡分析带来一定困难。为尽量使其具有典型性,仅能按目前国内一般水平,正常生产条件下的岩棉冲天炉作为热平衡分析计算的基础。

岩棉冲天炉热平衡计算结果列入表-1(热平衡热收入计算表)及表-2(热平衡热支出表)中,可供参考。

表1 热收入部分

岩棉冲天炉热平衡计算表

序号	热收入项目名称	热收入 (KJ/吨产品)	折合标准煤 (Kg/吨产品)	%
1	燃料燃烧热量	15.24×10^6	520.12	86.64
2	燃料热焓量	16.79×10^3	0.57	0.10
3	原料热焓量	29.72×10^3	0.99	0.17
4	鼓入空气热焓量	1.30×10^6	44.37	7.38
5	形成硅酸盐及铝酸盐生成放热反应	1.00×10^6	34.13	5.71
	合 计	17.59×10^6	600.18	100.00

岩棉冲天炉热平衡计算表

表2 热支出部分

序号	热支出项目名称	热支出 (KJ/吨产品)	折合标准煤 (Kg/吨产品)	%
1	各原料组分水份蒸发	132.27×10^3	4.51	0.75
2	焦炭水份蒸发	87.07×10^3	2.97	0.50
3	原料中 CaCO_3 、 MgCO_3 分解	1866.05×10^3	63.69	10.61
4	各原料加热至熔点并成熔体	3227.71×10^3	110.16	18.36
5	熔化潜热	690.66×10^3	23.57	3.93
	q1~q5 小计	6003.76×10^3	204.91	34.15
6	热烟气带走热量	3370.03×10^3	115.02	19.17
7	CO等可燃气体带走燃烧热	3612.81×10^3	123.30	20.55
8	物料及焦炭粉尘带走热量	30.56×10^3	1.04	0.17
	q6~q8 小计	7013.40×10^3	239.37	39.89
9	熔体带走显热	1305.15×10^3	44.54	7.42
10	熔体流口热量损失	774.38×10^3	46.92	7.82
11	水冷套冷却水带走热量	1374.63×10^3	46.92	7.82
12	冲天炉炉体散失热量	485.56×10^3	16.57	2.76
13	排渣及放铁带走热量	169.53×10^3	5.79	0.96
14	不可预见热损失	457.10×10^3	15.60	2.60
	总 计	17.59×10^6	600.18	100.00

二、岩棉冲天炉的节能

岩棉冲天炉热平衡收入分析计算结果

表明,热量总收入 $17.59 \times 10^6 \text{KJ/吨}$,折合
600.18Kg 标准煤/吨产品。其热源中的 86.

64%来自燃料燃烧所产生的热量。

岩棉冲天炉热平衡热支出分析计算结果表明,热量支出项目共十四个。其中直接用于岩棉生产原料熔制所消耗的有效热量支出计五项。支出热量 $6003.76 \times 10^3 \text{KJ/吨}$ 产品,折合 204.91Kg 标准煤/吨产品,占热量总支出的 34.15%。其余热量消耗占热量总支出的 65.85%,这意味着岩棉冲天炉存在着较多的节能潜力。

根据岩棉冲天炉热平衡典型分析及多年来岩棉生产实践,对岩棉冲天炉的降耗节能应着重解决好如下各工艺环节。

1. 降低岩棉冲天炉废气排放热耗

对岩棉冲天炉热平衡典型分析结果表明,其废气排放耗热支出计三项。其热耗总量达到 $7013.40 \times 10^3 \text{KJ/吨}$ 产品,折合 239.37Kg 标准煤/吨产品,占热量总支出 39.89%,超过岩棉生产原料熔制所需有效热量的 5.74%。由于该部分热耗较高,因此努力降低岩棉冲天炉废气排放热耗显得尤为重要。为此应特别重视如下工艺环节的改进。

1-1 减少漏风量并降低废气温度

对岩棉冲天炉热平衡典型分析结果表明,由冲天炉排放废气所带走的热量 $3370.03 \times 10^3 \text{KJ/吨}$ 产品,折合 115.02Kg 标准煤/吨产品,占热量总支出的 19.17%。该部分热耗较高的主要原因是由于冲天炉加料操作不规范或料封结构不完善等原因造成漏风较多;料层厚度设置不够合理且上下波动较大,当其料层厚度过厚或过薄时使冲天炉内的焦碳不能得以充分预热或在预热带部分焦碳燃烧分解导致排放废气温度过高,从而造成较高的热耗,同时给冲天炉正常操作带来困难。

我国岩棉生产企业冲天炉废气排放温度一般在 $350 \sim 500^\circ\text{C}$ 间,个别企业废气排放温度高达 800°C 以上,甚至经常出现明火现象,因此大多数企业岩棉冲天炉废气排放所带走的热量损失远远超过典型热平衡所

计算的热耗指标。

为减少岩棉冲天炉废气排放量并降低排放温度从而降低该部分热损失,应设计较合理的料封结构减少漏风量,同时还应该设置和控制较稳定的而且较为适宜的料层厚度。从而保障冲天炉内预热带的焦碳得以充分预热而不燃烧,以降低废气排放温度降低热损失。

据我厂多年来的生产实践,岩棉冲天炉投料操作宜采取小批量多批次投料方式,如每小时投料次数为十次左右。该操作方式有利于减少料层厚度并使炉料均匀。同时我厂在冲天炉顶部入料口设置一个倒锥形活动式料封斗。料封斗上口 $\phi 1250\text{mm}$ 、下口 $\phi 700\text{mm}$ 、高度 2100mm 。为防止料封斗受高温变形,当冲天炉点炉时该料封斗置于冲天炉外备用,当冲天炉点炉后料位达到一定高度时才置于冲天炉顶部。冲天炉正常生产操作时,物料投入活动料封斗中进而溜入冲天炉。由于物料休止角基本稳定,因而该种料封结构不仅漏风量极低而且冲天炉炉内料位高度相对稳定,从而降低废气排放温度。实践表明,冲天炉废气排入温度可控制在 $150 \sim 200^\circ\text{C}$ 范围内,因而节能效果显著。

1-2 设置废气焚烧系统

由于焦碳在岩棉冲天炉上层的化学不完全燃烧等原因,因而在其所排放的废气中含有 $8 \sim 10\%$ 的 CO 等可燃性气体成分。众所周知,CO 的理论低值热值为 3020千卡/NM^3 ,折合 $12.64 \times 10^3 \text{KJ/NM}^3$ 、 0.43Kg 标准煤/ NM^3 ,因而由 CO 等可燃气体成分所带走的燃烧热值较高。对岩棉冲天炉热平衡典型分析结果表明,该部分带走的燃烧热值为 $3612.81 \times 10^3 \text{KJ/吨}$ 产品,折合 123.3Kg 标准煤/吨产品,占热量总支出的 20.55%,是热支出中单项最高的热耗。因此设置废气焚烧及高效热回收再利用系统是冲天炉节能的重要环节之一。

众所周知,CO 在空气中的实测着火温

度为 610 至 658℃, 因此冲天炉废气焚烧温度一般控制在 720 至 760℃ 间。废气焚烧炉对废气中 CO 等可燃成份焚烧所产生的热量通过高效热量回收系统进行回收再利用。这里特别指出的是, 目前我国大多数引进或国产较先进的岩棉冲天炉均以冷空气作为废气焚烧炉燃烧风源, 而我厂所设置的废气焚烧装置采用第二级换热器换热后的约为 340℃ 热风作为助燃空气, 这样不仅使冲天炉所排废气及废气焚烧可燃气体成份所燃热量的更有效回收, 而且提高了废气焚烧炉的热效率并降低了焚烧炉的能耗水平。我厂冲天炉所设置的废气焚烧炉实际能耗年度

平均为 1465KJ/吨产品, 折合 35Kg 燃油/吨产品。该能耗水平居国内同行业较先进的水平。

1-3 设置高效废气回收再利用系统

为更有效的回收岩棉冲天炉所排出高温废气所携热量及废气焚烧可燃气体成份所产生的热量回收并用于鼓入冲天炉, 提高岩棉冲天炉鼓入空气的温度, 从而进一步降低岩棉冲天炉的能耗水平并有利于改善其热工条件和提高岩棉的成纤质量, 因此应设置高效废气回收再利用系统。

我厂所设置的岩棉冲天炉热回收再利用系统原理图如图-1 所示意。

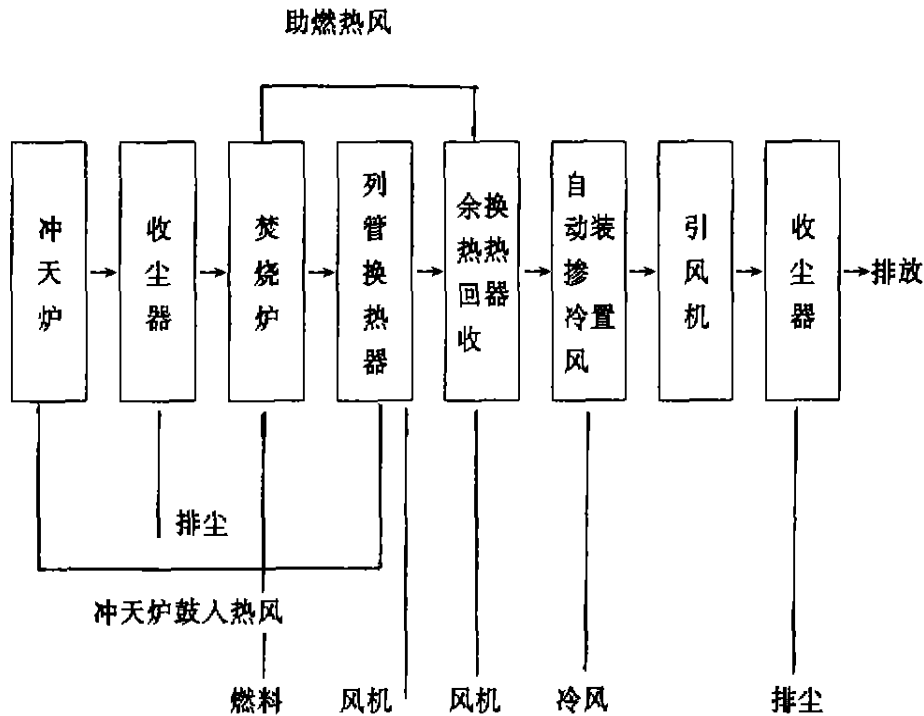


图 1 冲天炉热回收系统原理图

在该冲天炉热回收系统中, 冲天炉所产生的废气经收尘后进入废气焚烧炉。废气中的 CO 等可燃气体在焚烧炉中燃烧并释放热量。废气温度约 740℃ 并进入列管式换热器内。该换热器为立式结构, 内部设置与热气流平行的扁平型薄壁不锈钢换热管。经换热后的干净空气温度被加热至 530℃ 回收

并鼓入冲天炉内作为助燃空气。废气经列管立式换热器换热后进入余热回收换热器。该换热器具有与列管换热器相似的结构型式。所余热量在该换热器中得到进一步回收。经二次换热后的干净空气的温度被加热至 340℃ 左右并被回收鼓入冲天炉废气焚烧炉作为助燃空气。鼓入冲天炉及废气焚烧炉热

风的风机均设置在冷端,增加了设备运行的可靠性。冲天炉废气及经废气焚烧炉燃烧后的烟气经两次高效换热并回收再利用后,其温度下降至230℃左右。废气经自动掺冷风并进一步下降至150℃以下进入冲天炉引风机并经废气收尘器净化后排放。由于该系统废气收尘器设在引风机排风端并按正压状态下运行,因而能确保冲天炉及废气处理系统的正常运作。

经多年来生产实践表明,该套系统运行可靠,热工参数较稳定,同时具有换热效率较高、运行阻力较小、换热器磨损较少等特点。该套系统的正常运行,不仅有效的回收冲天炉废气及废气中可燃气体成份燃烧热值,从而降低了岩棉冲天炉的热耗,而且使冲天炉鼓入空气的温度提高到530℃,这对于提高岩棉冲天炉的热工性能并提高岩棉成纤质量等方面十分有益。

2. 降低水冷套热损失

为确保岩棉冲天炉运行的安全性,一般均在其高温带设置水冷套。冷却水在冷却冲天炉炉壁的同时也带走一定热量。据对岩棉冲天炉热平衡典型分析结果表明,该部分冷却水所带走的热量为 $1374.63 \times 10^3 \text{KJ/吨产品}$,折合46.96Kg标准煤/吨产品,占总热量支出的7.82%。

众所周知,岩棉冲天炉水冷套冷却水在冷却冲天炉炉壁过程中所带走的热量主要取决于冷却面积、传热平均系数以及所需冷却段炉壁平均温度与冷却水出口温度差三个因素。对岩棉冲天炉而言,其冷却面积及所需冷却段冲天炉炉壁平均温度基本确定,因此影响其热耗的主要因素是平均传热系数及冷却水出口温度。而传热系数与冷却水在水冷套的运动状况密切相关。当其在水冷套流速较快时,传热系数较大、热耗也较高,反之热耗较低。当冷却水出口温度较高时,由于温差较小,因而其热耗较低。

为降低冲天炉水冷套冷却水所带走的

热损失并同时能确保冲天炉的运行安全,我厂冲天炉采用了“温差环流重力循环冷却水”系统。该套系统的基本原理是当冲天炉水套冷却水受热膨胀时,冷却水自动上升并进入设在冲天炉水套顶部的膨胀水箱内。水温降低后通过冷却水管在重力作用下流回冲天炉冷却水套内。冷却水依靠温度差所产生的重力变化而呈自动环流循环,而不依照循环泵进行强制性循环。其循环速度依冷却水的温度差而自动调节。膨胀水箱的容积与高度以及管网的配套通过设计设置。为此冷却水出水端保持了较高的水温,一般正常生产条件下,冷却水出水端的水温保持在105~110℃并呈沸腾状,而且水温较稳定。当冲天炉水冷套中冷却水温度较低时,循环冷却水流速很低,甚至呈静止态,因此传热系数较低,相对热损失较低。该系统经多年运行从未发生过故障,运行十分可靠,同时具有出水温度波动很小、耗水量低、热损失较少、冷却效率较高、维护简单且运行费用很低的特点。

3. 采用熔体液封流口降低热损失

我国岩棉冲天炉熔体流口一般与炉壁呈水平或向下倾斜的结构方式。由于熔体流口开孔断面一般大于流股断面积,因而在冲天炉操作中往往有较多的高温气体从熔体流口逸出,甚至出现喷火现象,造成较大的热损失。

对岩棉冲天炉热平衡典型分析结果表明,在一般正常生产条件下,由于熔体流口逸出高温气体而带来的热损失为 $774.38 \times 10^3 \text{KJ/吨产品}$,折合26.43Kg标准煤/吨产品,占热量总支出的4.40%。如熔体流口经常出现喷火现象,其热损失将远超过该热耗指标。

为减少冲天炉熔体流口在生产操作中高温气体逸出而造成的热损失,我厂采用了熔体液封“壶嘴”型熔体流口。该特种熔体流口为一个独立的焊接组合件并带有水冷套,

它可以较方便的安装与检修更换。熔体流口向上呈45°设计。流口内外高差约92mm。只有当冲天炉内熔体液面高度超过熔体流口内开口高度92mm时,熔体才能从熔体流口流出,实现熔体液封,从而避免了冲天炉熔体流出时高温气体的逸出并杜绝了熔体流口喷火现象,因而达到减少热损失。同时采用该种熔体流口结构致使从熔体流口流出的熔体为岩棉冲天炉内熔体液面下92mm的高温熔体,因此熔体温度较高且质量较好,熔体流股平稳有利于获得较高的岩棉成纤质量。多年来的生产实践表明,该套系统操作方便、运行可靠。在正常生产条件下,如

冷却水质量较好,该熔体流口组合件使用寿命两年以上。

综合上述,岩棉及其制品生产总能耗虽远低于其产品所节能源,但仍有较大的节能潜力。岩棉冲天炉能耗占全部能耗的70%以上,因而成为节能的重点。岩棉冲天炉的节能是一项颇为复杂且综合性很强的课题,其环节很多。本文根据多年岩棉生产实践提出了岩棉冲天炉节能的若干主要措施的建议。由于各地条件及生产装备情况的不同,可因地制宜制定行之有效的岩棉冲天炉的节能措施。

关于区别岩矿棉与石棉的函

(97)中绝协秘字03号

齐齐哈尔市环境保护局:

你局为改善、美化环境,认真贯彻《国务院关于环境保护若干问题的决定》的规定,关闭一批小造纸、土法炼焦、土法生产石棉企业。在关停过程中将龙华保温材料厂生产的岩矿棉误认为石棉,现将两种产品分别说明,供辨认。

岩矿棉及其制品与石棉制品从原材料到生产工艺完全不同。岩矿棉是将天然的火成岩或工业废渣(矿渣、粉煤灰、锰矿渣等)经高温(1400—1500℃左右)熔融制成的一种矿物棉。据联合国有关机构调查岩矿棉生产近100年的历史,未发现一例矽肺病。石棉制品是将天然的石棉矿物经机械的方法制成纤维材料,生产过程分干法与湿法,干

法生产中因游离的二氧化硅含量高,被人呼吸后粘附在肺部易患矽肺病。西方国家认为有致癌的可能性。特此说明。请有关方面注意甄别。

中国绝热隔音材料协会

1997年4月29日

抄报:国家建材局

抄送:中国绝热隔音材料协会各工作部 泡沫石棉专业委员会

黑龙江省环境保护厅

黑龙江省齐齐哈尔市龙沙区环境保护局

黑龙江省齐齐哈尔市龙华保温材料厂