

膨润土加入量对粘土湿型砂性能影响的研究

任现伟

洛阳古城机械有限公司 河南洛阳 471023

摘要: 在混砂过程中,通过采用不同有效膨润土含量的回用砂,随着混制时间的改变,研究了回用砂有效膨润土含量对型砂质量的影响;同时,采用不同的膨润土补加量方案,随着补加量的改变,研究了补加量对型砂质量的影响。结果表明:型砂各性能均随回用砂有效膨润土含量的不同而变化,也会随着膨润土补加量的不同而改变。研究结果为最终确定和选用回用砂有效膨润土含量和混砂时膨润土补加量提供了指导依据。

关键词: 膨润土;加入量;回用砂;型砂性能

Study on the effect of bentonite addition amount on the properties of green sand

REN Xianwei

Luoyang Gucheng Machinery Co., Ltd., Luoyang 471023, Henan, China

Abstract: In the process of sand mixing, the effect of the effective bentonite content of recycled sand on the performance of molding sand was studied with the change of sand mixing time. At the same time, with the change of bentonite supplemental amount, the influence of supplemental amount on the properties of molding sand was studied. The results show that the properties of molding sand vary with the content of available bentonite in recycled sand and the amount of bentonite added during sand mixing. The study result provides a guiding basis for determining and selecting the effective bentonite content of recycled sand and the addition amount of bentonite in sand mixing.

Keywords: bentonite; addition amount; recycled sand; properties of molding sand

1 序言

铸造用膨润土是一种主要以蒙脱石为矿物组成的非金属物质,因其黏结力和可塑性强,脱膜性和透气性好,以及湿态高温条件下化学、物理性能稳定等特点,所以在各种化学黏结材料蓬勃发展的当下,仍是不可替代的造型原料。依据蒙脱石在层间域中的交换性阳离子成分、数量的不同,可将膨润土分为钙基和钠基两大类。铸造用钠基膨润土大多是由人工钠化处理加工而成的,以其强度高、复用

性好和成本低等特点,在铸造行业中的使用比例更高一些。

有效膨润土含量是混砂过程中的关键指标。在流水线铸造过程中,膨润土加入量的多少主要根据回用砂的有效膨润土含量、型砂的强度要求而定,目的是让膨润土在型砂中能够发挥足够高的黏结力作用。膨润土加入量的多少与混砂材料和混制工艺一样对型砂质量会产生直接的影响,最终也会对铸件质量产生影响。型砂膨润土的多少决定了最终

作者简介:任现伟,高级技师,高级工程师,主要研究方向为产品设计和材料成形工艺, E-mail: lyrenxianwei@163.com。

型砂的质量，但其含量并不是决定型砂质量的唯一要素，还要取决于包括回用砂有效膨润土、含泥量和水分在内的，诸如煤粉、原砂等材料的含量，以及型砂温度和混制时间等各细节的控制。当膨润土含量过低时，将直接影响型砂强度，在造型中易发生掉砂和脱模不良等现象，在浇注中由于其强度不足，会导致抵抗金属液冲刷的能力下降，从而在铸件上形成砂孔类缺陷；当膨润土含量过高时，会使其需水量显著增加、流动性变差、充型能力下降^[1-4]。

因为型砂中大多数的有效膨润土来自于回用砂，所以在生产线铸件品种一定的前提下，型砂有效膨润土的最终含量一般是通过补加膨润土来实现的，这是一个动态平衡的过程。若型砂有效膨润土含量异常，则最常见的原因是回用砂中有效膨润土和含泥量没有得到有效管控，也有膨润土补加量和混制过程中水分加入异常等因素。要想确保型砂膨润土含量合适，首先要在确定回用砂膨润土质量和各原料加入量后，确定混制过程中的膨润土补加量；其次要确保每一个砂处理过程的数据参数正常^[5]；在混制后要尽快使型砂能够及时进入造型机内，并在有效的时间内造型完毕。

我公司有多个型砂铸造车间，各个车间配套的铸造设备和所生产的铸件材质、结构，以及过程控制、检测设备和方法均无太大差异。但每个车间的回用砂有效膨润土含量和砂处理流程却各有不同，因此型砂控制的方法也有所不同，制造出的铸件由于型砂质量的原因而引起的缺陷也各有不同，废品率相去甚远。本文研究了回用砂有效膨润土不同含量和混制过程中补加膨润土量对型砂的影响，揭示了回用砂有效膨润土含量和膨润土补加量对型砂的影响规律^[6]，为各个车间统一制定混砂工艺、使型砂质量趋于一致，降低因型砂质量问题而导致的粘砂、砂孔、胀型和气孔等铸件缺陷的产生起到了积极作用，尤其是在铸造废品率降低方面作出了重要贡献。

2 试验用原料、型砂配比和检测设备

2.1 试验用原料

硅砂为河南省某厂生产，型号为70/140目的原砂；选用经过人工钠化处理的膨润土；煤粉型号为SMF-2。硅砂、煤粉和膨润土的各项实测值（质量

分数）见表1～表3。

表1 硅砂实际值 (%)

SiO ₂	水分	含泥量	粒度	
			50目	65目
95	≤0.25	≤0.26	85	95

表2 煤粉实际值

灰分 (%)	水分 (%)	硫含量 (%)	焦渣特性/级	粒度 (%)	
				120目	100目
6.5	3.6	0.52	5	95	100

表3 膨润土实际值

湿压强度 /kPa	热湿拉强度 /kPa	水分 (%)	吸蓝量 /g	粒度 (200目) (%)
126	3.7	12	37/100	92

2.2 型砂配比和检测设备

根据试验用混砂指导书和控制计划的要求，试验用型砂配比见表4。

表4 型砂配比（质量分数） (%)

回用砂	硅砂	膨润土	煤粉	水分
94.5	0.5	1.2	0.5	适量

注：水分根据紧实率而定，紧实率取（38±2）%。

在混辗式自动混砂机上对型砂进行混制。依据规定的取样频率和时间节点，在出砂口对型砂进行取样并检测。分别在SWY1-3型砂强度试验机、SQR-1强度测试仪、STZ-1透气性测试仪和SPO-2型破碎指数测定机上对型砂性能进行检测，其检测结果的每个取值为3个试验数据的平均值^[7-10]。

3 试验方案

3.1 回用砂有效膨润土含量试验

一直以来，个别车间的回用砂有效膨润土含量没有严格得到管控，更没有明确不同膨润土含量的回用砂对型砂性能的影响，也没有因为其不同的含量，在混制过程中依据具体情况做出分别控制^[11, 12]。

为了确定不同膨润土含量的回用砂对型砂质量的影响，调整混制前对回用砂的处理方法和混制过程中膨润土的补加量，满足铸造对于型砂的要求。在测得各个铸造车间的实际回用砂有效膨润土含量基本都在5.5%～9.5%的基础上，将试验用的回用砂有效膨润土含量设定为5种方案，即试验所使用的回

用砂膨润土比例分别在5.5%、6.5%、7.5%、8.5%和9.5%。在启动混砂机后，间隔1min取样检测一次，通过比对检测结果和研究回用砂各有效膨润土含量的优劣，从中确定最为适宜的回用砂有效膨润土含量^[13]。

方案A：（有效膨润土量5.5%的回用砂+原砂+65%水）混制1min+（1.2%膨润土+煤粉+剩余水）再混制。

方案B：（有效膨润土量6.5%的回用砂+原砂+65%水）混制1min+（1.2%膨润土+煤粉+剩余水）再混制。

方案C：（有效膨润土量7.5%的回用砂+原砂+65%水）混制1min+（1.2%膨润土+煤粉+剩余水）再混制。

方案D：（有效膨润土量8.5%的回用砂+原砂+65%水）混制1min+（1.2%膨润土+煤粉+剩余水）再混制。

方案E：（有效膨润土量9.5%的回用砂+原砂+65%水）混制1min+（1.2%膨润土+煤粉+剩余水）再混制。

3.2 膨润土补加量试验

与回用砂有效膨润土含量试验的5种方案一样，为了克服以往传统的不加水或一次性加入全部需水量进行预混的工艺弊端，在混制过程中，将回用砂和原砂加入混砂机的同时，加入需水总量65%的水分，预混1min。然后，加入煤粉、补加膨润土和剩余所需的水分，继续混制，直至混砂结束，此时补加膨润土的比例对型砂质量有着直接的影响。为了确定不同补加膨润土量对型砂质量的影响规律，研究造型所需最合适的补加膨润土比例，将补加量试验设定为3种方案，即膨润土补加量分别为1.1%、1.2%和1.3%。在启动混砂机后，间隔1min取样检测一次，通过比对检测结果和研究各补加量的优劣，从中确定最为适宜的膨润土补加量。

试验方案如下。

方案一：（有效膨润土量7.5%的回用砂+原砂+65%水）混制1min+（1.1%补加膨润土+煤粉+剩余水）再混制。

方案二：（有效膨润土量7.5%的回用砂+原砂+65%水）混制1min+（1.2%补加膨润土+煤粉+剩余水）再混制。

方案三：（有效膨润土量7.5%的回用砂+原砂+65%水）混制1min+（1.3%补加膨润土+煤粉+剩余水）再混制。

4 试验结果和分析

4.1 回用砂有效膨润土含量对型砂质量的影响

按照回用砂有效膨润土含量试验的5种方案，混砂完毕后的型砂质量见表5。

表5 回用砂有效膨润土含量试验的型砂质量

方案	有效膨润土 (%)	水 (%)	热湿拉强度 /kPa	湿压强度 /kPa	透气性	破碎指数 (%)	砂温 /℃
A	8.4	3.30	37	170	122	83	36
B	8.6	3.30	42	190	120	85	35
C	8.3	3.29	43	195	120	87	37
D	8.5	3.31	43	195	106	87	36
E	8.3	3.30	41	187	96	68	34

1) 回用砂有效膨润土含量对湿压强度的影响如图1所示。从图1可看出，除方案A外，其他4种方案的湿压强度在混制3min前均呈明显上升趋势。方案C在混制4min时，其湿压强度已达峰值，后续再增加混制时长，其湿压强度不再变化。方案A、方案B和方案E，也在混制4min时，湿压强度达到了峰值，但方案A的湿压强度仅有不足170kPa，远低于其他方案；而方案D需要混制5min后才能达到峰值。

2) 回用砂有效膨润土含量对热湿拉强度的影响如图2所示。从图2可看出，在采用5种方案混制1min时，热湿拉强度各有不同，方案C的热湿拉强

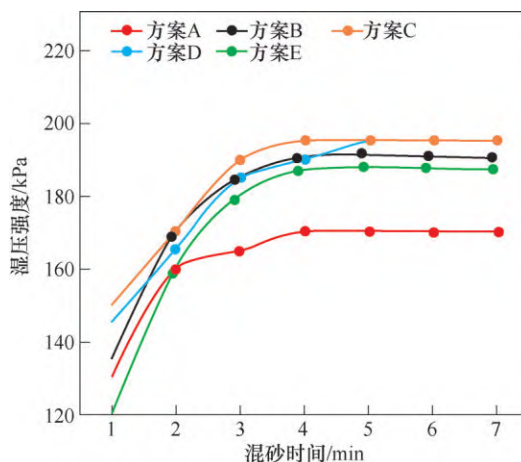


图1 回用砂有效膨润土含量对湿压强度的影响

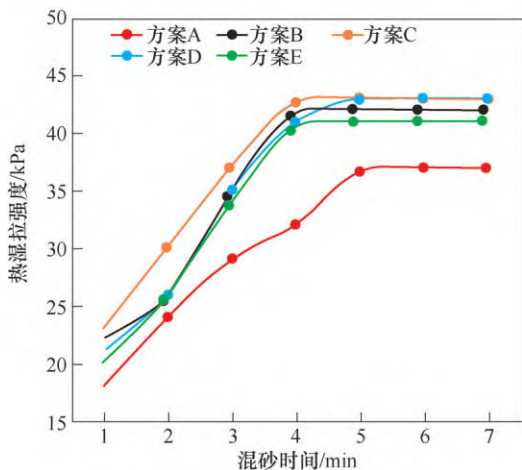


图2 回用砂有效膨润土含量对热湿拉强度的影响

度最高,达到了23kPa,其次分别是方案B、方案E、方案D和方案A。在采用5种方案混制1min后,随着混制时间的延长,热湿拉强度均呈上升趋势,方案C表现的最为明显。在混制4min时,方案C的热湿拉强度最高,达到了峰值43kPa,其他4种方案,均在混制5min后热湿拉强度才达峰值,而且不同程度地低于方案C,其中方案A的热湿拉强度最低,只有37kPa。

3) 回用砂有效膨润土含量对透气性的影响如图3所示。从图3可看出,在混制开始后,5种方案的透气性均呈上升趋势。仅用时3min,方案D和方案E的透气性即达峰值,其透气性分别是110和100,后续再增加混制时长,由于方案D和方案E的回用砂有效膨润土含量偏高,透气性反而有不太明显的下降趋势;方案C在混制4min时达峰值,透气性在120左右;方案A和方案B的透气性峰值虽可接近125,但

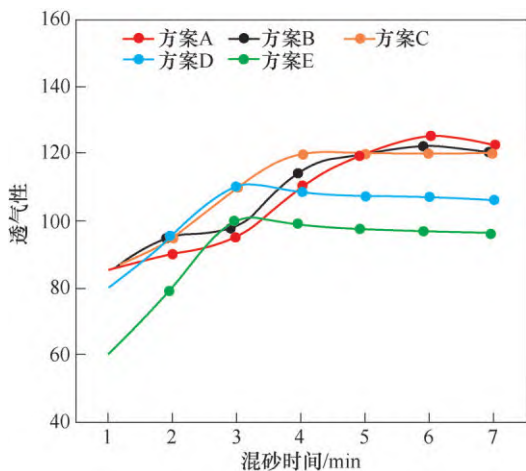


图3 回用砂有效膨润土含量对透气性的影响

却是在混制开始后的6min后才能达到,由于透气性>120,对湿型砂流水线生产没有太大实际意义,而混制时间过长也是要尽量避免的弊端。

4) 回用砂有效膨润土含量对破碎指数的影响如图4所示。从图4可看出,在混制时间达到4min时,方案C和方案E的破碎指数均已达峰值,其他3种方案也均接近峰值,但破碎指数都不同程度地低于方案C的87%,方案E的破碎指数最低只有68%。方案A、方案B和方案D的峰值出现在混制5min之后,且方案A随着混制时间的延长,有明显的下降趋势;方案D在混制时间达到5min以后,其破碎指数同方案C一样也达到了87%。

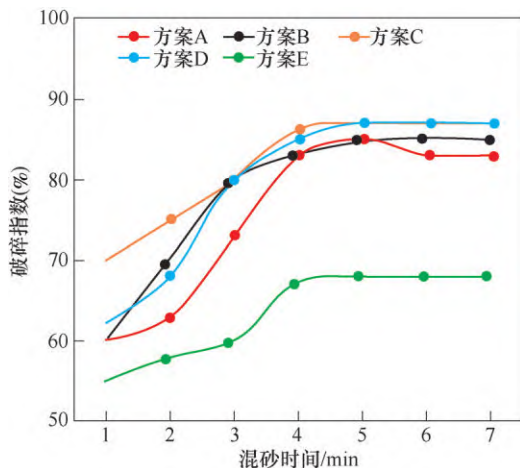


图4 回用砂有效膨润土含量对破碎指数的影响

5) 回用砂有效膨润土含量对型砂质量影响的比较和分析。通过以上试验结果的比对发现,方案C的各项性能指标均比其他4种方案提前达到了峰值。方案B的湿压强度和热湿拉强度虽也和方案C相当,但却需要在混制5min之后才能达到,所需的时间更长。方案A和方案B的透气性在混制6min时超过了方案C,但却比方案C多耗时1min才达峰值。也就是说,方案C的各项性能指标均在混制开始后4min时达到了峰值,除透气性外,其峰值明显高于其他方案;方案B的热湿拉强度在混制5min时,介于方案D和方案E之间;其湿压强度和透气性与方案C相当,只有破碎指数明显低于方案C,与方案A一样稍低于方案D,因此方案B的各性能指标仅次于方案C。方案D和方案E的湿压强度和热湿拉强度次之。方案A除了透气性和破碎指数正常外,其湿压强度和热湿拉强度最低。

经过分析和研究以上5种方案各自的优势和不足,结合长期的经验积累和生产实践,认为方案C的回用砂有效膨润土含量是最适宜的,原因是方案C的各性能指标达到峰值所需的混制时间最短,混制效率更高,消耗的动能最少。由于混制时间短,更便于组织流水线生产,经济效益更好^[14]。由于这5种方案均在预混时,加入了65%的总需水量,与以往传统的不加水分和一次性加入全部需水量进行预混的工艺相比,不会因为回用砂水分太高而在混制中产生过大的黏土球,避免引起碾开这些过大的黏土球所需的能量剧增;也不会因为预混时不加水分而导致粉尘飞扬和混匀困难造成的铸造车间污染,避免有效膨润土、煤粉被除尘设备吸走,导致原料浪费^[15, 16]。

为了进一步便于控制,对于有效膨润土含量>7.5%的回用砂,混制前可在回用砂中加入一定比例的新砂或回用的芯砂,从而降低回用砂的有效膨润土含量;对于有效膨润土含量<7.5%的回用砂,可在混制前加入一定比例高膨润土含量的回用砂,以提高回用砂有效膨润土含量^[17]。

4.2 膨润土补加量对型砂质量的影响

按膨润土补加量试验的3种方案,混砂完毕后的型砂质量见表6。

表6 膨润土补加量试验的型砂质量

方案	有效膨润土 (%)	水分 (%)	热湿拉强度 /kPa	湿压强度 /kPa	透气性	破碎指数 (%)	砂温 /℃
一	8.5	3.31	40	184	121	80	36
二	8.3	3.29	42	192	125	80	38
三	8.4	3.33	41	191	103	75	33

1) 膨润土补加量对型砂质量的影响如图5~图8所示。从图5~图8可看出,膨润土补加量的3种方案,在混制开始后热湿拉强度和湿压强度均呈迅速上升趋势。混制开始3min后,方案二的湿压强度和破碎指数已达峰值,分别是192kPa和80%。混制开始4min后,方案二的热湿拉强度和透气性也达到了峰值,分别是42kPa和125。方案一在混制4min后,热湿拉强度和湿压强度达到峰值,分别只有40kPa和184kPa,其热湿拉强度高于方案三、低于方案二;其湿压强度均低于方案二和方案三;其透气性和破碎指数与方案二相当。

2) 膨润土补加量对型砂质量影响的比较和分析。从试验结果看,膨润土补加量的3种试验方案对型砂质量的影响均颇为明显。方案二的膨润土补加量在1.2%时,其热湿拉强度、湿压强度和破碎指

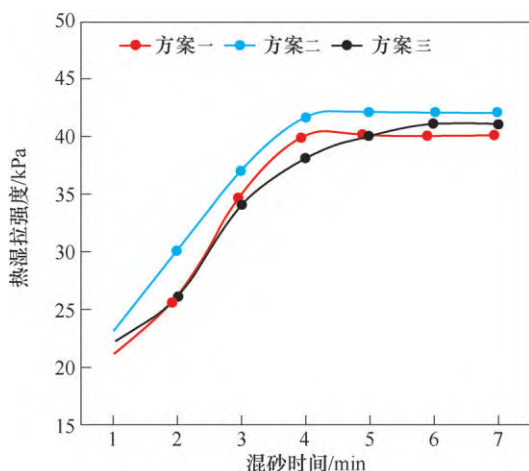


图5 膨润土补加量对热湿拉强度的影响

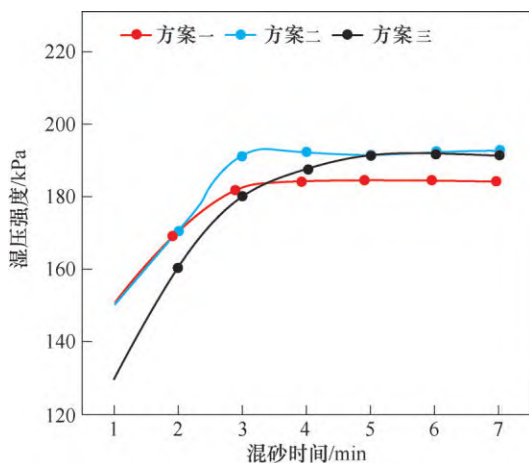


图6 膨润土补加量对湿压强度的影响

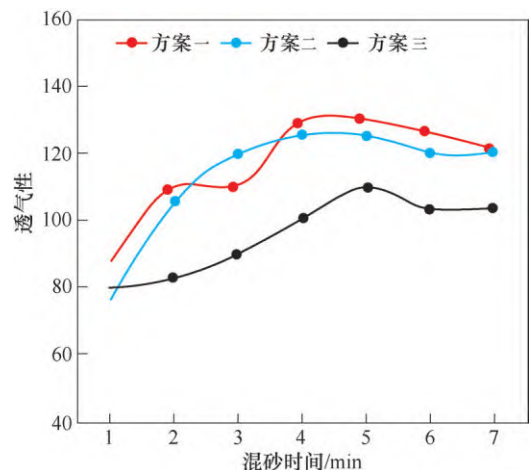


图7 膨润土补加量对透气性的影响

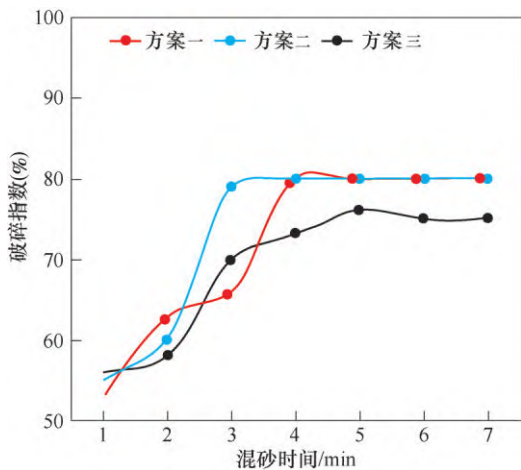


图8 膨润土补加量对破碎指数的影响

数最高,只有透气性稍低于方案一。同时,膨润土补加量在1.2%时,型砂性能达到峰值所需的时间最短,且峰值最高。

5 结束语

通过对回用砂有效膨润土含量和膨润土补加量对型砂性能的试验研究,为统一各生产车间的混砂工艺,使型砂质量趋于一致,减少铸件缺陷的产生,以及便于生产控制,提供了科学试验依据,并对生产实践中积累的一些数据和经验,在各个生产车间之间得到相互借鉴和分享。

1) 使用有效膨润土含量在7.5%的回用砂进行混制,各性能指标达到峰值所需要的混制时间最短,消耗的动能最少,混制效率更高,经济效益更好,也更有利于不同产品流水线生产的组织。

2) 最适宜的膨润土补加量是1.2%。在混制时,先加入有效膨润土量在7.5%的回用砂、原砂和65%的需水量,预混1min,然后加入1.2%的补加膨润土、煤粉和剩余水量,再进行混制,直至达到设定的混制时间或造型所需的型砂质量。

3) 与以往传统的不加水 and 一次性加入全部需水量进行预混的工艺相比,最大的优势在于使先加入的硅砂和水分更易充分混匀,也使得之后加入的煤粉、补加的膨润土和剩余水分更易被均匀分散。与不加水进行预混相比,减少了粉尘从混砂机中泄楼而造成的环境污染和原料浪费。

参考文献:

[1] 林鹏飞. 湿型砂造型主要材料特性及配比工艺方案[J]. 铸造, 2021, 70 (7) : 839-843.

- [2] 夏翔, 金伟, 高芝, 等. 不同型砂配方对型砂性能影响的研究[J]. 江西科学, 2023, 41 (1) : 145-147.
- [3] 任现伟. 粘土湿型砂质量的研究与控制[J]. 铸造技术, 2019, 40 (12) : 1307-1309.
- [4] 任现伟. 混砂工艺和芯砂对粘土湿型砂性能的影响[J]. 铸造, 2023, 72 (4) : 431-436.
- [5] 杨慧璠, 邵舒快. 混砂合理的加料顺序[J]. 铸造设备研究, 1993 (5) : 26-31.
- [6] 高远, 朱世根, 骆岚, 等. 改善天然湿型砂混砂过程中结团现象的研究[J]. 铸造, 2012, 61 (7) : 783-785, 789.
- [7] 傅佳斌, 万修根. 静压造型湿型砂性能控制[J]. 金属加工 (热加工), 2016 (5) : 42-43.
- [8] 朱世根, 陶李洋, 骆祎岚, 等. 云溪环保型砂铸造性能的研究[J]. 机械工程学报, 2016, 52 (6) : 92-98.
- [9] 孙晓宁, 李宏兴. 生产线黏土湿型砂性能控制[J]. 铸造设备与工艺, 2014 (6) : 46-50.
- [10] 陈少梅, 胡菊芳, 朱世根. 型砂水分测控仪的发展[J]. 现代铸铁, 2001 (3) : 47-51.
- [11] 施风华. 需重视旧砂回用过程的性能检测与控制环节[J]. 金属加工 (热加工), 2015 (17) : 2.
- [12] 孙志扬, 庄肃栋, 杜纪柱. 高压造型线砂处理工艺的调试[J]. 现代铸铁, 2008, 28 (6) : 83-85.
- [13] 吕士海, 吴彩云, 李汝学. 机械化造型线用型砂再生工艺研究[J]. 机械工人 (热加工), 2007 (10) : 64-65, 68.
- [14] 纪昌勇, 许爱国, 张中凯, 等. 型砂在自动化造型中的质量控制[J]. 金属加工 (热加工), 2015 (5) : 23-26.
- [15] 任现伟. 水分加入量对粘土湿型砂性能的影响[J]. 现代铸铁, 2024, 44 (4) : 55-61.
- [16] 糜海飞. 湿型砂铸造灰铸铁发动机缸体结疤缺陷的解决[J]. 金属加工 (热加工), 2020 (4) : 84-86.
- [17] 郭文申, 王树宝, 孙路生, 等. 潮模砂配料方法的新探索[J]. 金属加工 (热加工), 2017 (17) : 52-53.

(收稿日期: 20241203)