

# 温度、湿度、固化剂酸度对呋喃树脂砂强度的影响

周利军, 马文

(宁夏共享化工有限公司, 宁夏银川 750021)

**摘要:** 探究了环境温度、湿度、固化剂酸度对呋喃树脂砂强度的影响。试验表明: 环境温度过高或过低, 初强度或者终强度都较低, 最适宜的温度范围在15~25℃; 当环境湿度>90RH%时, 呋喃树脂自硬砂强度急速下降, 对湿度的敏感性极强, 初强度只有0.3 MPa, 终强度只有0.4 MPa; 固化剂酸度过低, 初强度或者终强度都较低, 固化剂酸度过高, 初强度或者终强度都有可能为零, 所以固化剂的酸度应根据铸造现场的要求随时调整。

**关键词:** 温度; 呋喃树脂砂; 强度; 湿度; 固化剂酸度

目前, 自硬呋喃树脂砂造型在铸造生产中应用非常广泛<sup>[1-3]</sup>。在树脂砂生产工艺中, 环境温度、湿度、固化剂酸度都直接影响呋喃树脂砂型强度。确定温度、湿度、固化剂酸度范围, 以保证在完成制芯或造型过程中适应各种铸件所需要的强度, 这对保证生产十分重要。

高温高湿、低温高湿这样的极端环境条件对呋喃树脂砂型强度的影响较大, 严重的甚至可能影响生产。固化剂酸度的高低也会导致砂型强度的高或低, 酸度低, 硬化慢, 强度低, 影响生产效率; 酸度高, 硬化快, 砂型脆性大, 没强度。本文探究了环境温度、湿度、固化剂酸度对呋喃树脂砂型强度的影响, 这对铸造现场生产具有指导意义。

## 1 试验材料和方法

本试验所用材料为再生硅砂、呋喃树脂、固化剂, 其主要理化指标见表1-3。

设备: 泉州敬隆机械有限公司制造的混砂机和OM-MHU-50L系列温湿度方程式恒温恒湿箱, 其温度范围-40~150℃(风冷式), 温度波动度 $\pm 0.1$ ℃, 湿度范围20%~98%, 湿度波动度 $\pm 3$ RH%。

混砂工艺: ①原料加入量: 砂子(1 000 g)、树脂10 g(占砂重1%)、固化剂5 g(占树脂重50%); ②混制模式: 原砂+固化剂(混30 s), 再加入树脂(混30 s), 出砂, 置于“8”字型盒中, 紧实三下, 制样完成。

## 2 试验结果及分析

### 2.1 温度对砂型强度的影响

试验条件: 树脂加入量为1.0%(占原砂质量分数), 固化剂加入量为50%(占树脂质量分数), 相对湿度为(60 $\pm$ 2)%, 其温湿度变化通过OM-MHU-50L系列温湿度方程式恒温恒湿箱控制, 并通过定值控制方式使相对湿度维持在

作者简介:

周利军(1994-), 男, 本科, 助理工程师, 从事呋喃树脂粘结剂的研究工作。E-mail: 1134059692@qq.com

中图分类号: TG221+.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)01-0049-04

收稿日期:

2018-02-26 收到初稿,  
2018-04-27 收到修订稿。

表1 试验所用再生硅砂的主要理化指标  
Table 1 Main physical and chemical indicators of reclaimed silica sand used in the test

SiO <sub>2</sub> 含量 /%	含泥量 /%	含水量 /%	酸耗值	灼减量 /(g·cm <sup>-3</sup> )	堆积密度 /(kg·m <sup>-3</sup> )	粒度分布	
						项目	含量/%
96.00	0.31	0.04	5.45	5.45	1.55	30+40+50+70+100目	97.88
						30+40+50+70目	97.08
						40+50+70目	88.28

表2 试验所用呋喃树脂的主要理化指标  
Table 2 Main physical and chemical indicators of furan resin used in the test

糠醇 含量/%	游离甲醛 含量/%	含氮量 /%	含水量 /%	密度 /(g/cm <sup>3</sup> )	粘度 /(mPa·s)	pH值
85.00	0.01	1.00	4.50	1.15~1.25	15~18	

表3 试验所用固化剂的主要理化指标  
Table 3 Main physical and chemical indicators of curing agent used in the test

酸种类	总酸度	游离酸	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	粘度/(mPa·s)
高酸	40.00	10.00	1.15~1.25	16.00
低酸	12.00	4.00	1.15~1.25	2.00

(60±2)%，温度定值从0开始，增加值为5℃，终止值35℃，每个定值温度下测量抗拉强度；砂温为该测量环境下的温度（将试验用砂提前24h置于已调节好的方程式恒温恒湿箱中）。固化剂由高酸0.4%（占固化剂质量分数）和低酸0.6%（占固化剂质量分数）混配而成。

如图1所示为不同环境温度下，树脂砂1h抗拉强度和24h抗拉强度（终强度）。

可以得出如下结论：在相对湿度不变的条件下，当温度偏低（低于25℃）时，温度升高，树脂砂型1h抗拉强度、24h抗拉强度随之增高；当温度偏高（高于25℃）时，温度升高，树脂砂型1h抗拉强度、24h抗拉强度随之快速下降；温度在25℃左右时，树脂砂型1h抗拉强度、24h抗拉强度达到最大。

呋喃树脂砂型强度极易受到环境温度的影响。由于呋喃树脂自硬砂的硬化速度与温度有关，温度过低，硬化慢，影响强度；温度过高，硬化过快，砂型脆性大，甚至无强度。在合适酸度固化剂下，砂型强度都有一个相对适宜的环境温度，故能满足现场生产要求。呋喃树脂自硬砂的理想环境温度为15~30℃，温度过低，树脂砂型强度的1h初强度、24h强度会受到影响，提高固化剂的酸度或固化剂加入量可克服其缺点；但温度过高时，树脂砂型强度的1h初强度、24h强度会有可能为0，这是因为温度过高，硬化太快，砂型极其脆，强度为0，可降低固化剂酸度或固化剂加入量来克服，但效果不佳。

当温度<30℃，树脂砂1h抗拉强度、24h抗拉强度的曲线走向规律一致（几乎是两条平行线），这是因为树脂在0~30℃区间内，树脂在1h强度后还参与反应，只不过1h强度是我们自己规定的，拉完

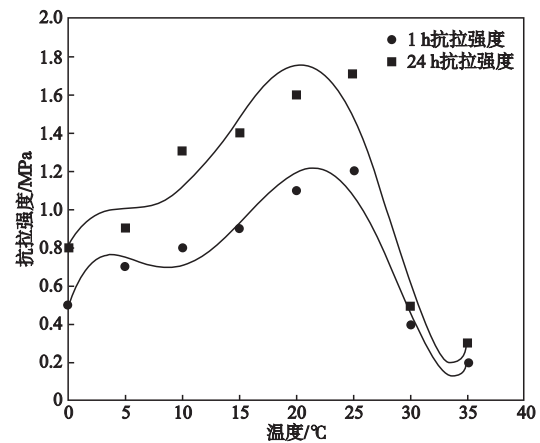


图1 温度对呋喃树脂砂型强度的影响  
Fig. 1 Effect of temperature on strength of furan resin sand

1h强度，破坏了后续反应，等到24h后测量其强度（树脂砂终强度），这个过程反映了树脂和固化剂砂子混配后的化学反应历程，不同温度只是影响初强度和终强度，但对反应历程中初强度和终强度之间的差值影响较小，不是特别明显；当温度>30℃，反应历程短，时间快，反应剧烈，初强度和终强度的差值几乎为零且强度特别低，不利于生产。

## 2.2 相对湿度对砂型强度的影响

试验条件：树脂加入量为1.0%（占原砂质量分数），固化剂加入量为50%（占树脂质量分数），温度为(20±2)℃（温湿度变化通过OM-MHU-50L系列温湿度方程式恒温恒湿箱控制，通过定值控制方式使温度维持在(20±2)℃，相对湿度定值从20RH%开始，增加值为20RH%，终止值80RH%，

补加值90 RH%。每个相对湿度定值下测量抗拉强度)；砂温为该测量环境下的温度(将试验用砂提前24 h置于已调节好的方程式恒温恒湿箱中)。固化剂由高酸0.4% (占固化剂质量分数)和低酸0.6% (占固化剂质量分数)混配而成。

如图2所示为不同环境湿度下,树脂砂1 h抗拉强度和24 h抗拉强度(终强度)。

由图2可以得出如下结论:在相对湿度不变的情况下,当温度偏低(低于25 ℃)时,温度升高,树脂砂1 h抗拉强度、24 h抗拉强度随之增高;当温度偏高(高于25 ℃)时,随温度升高,树脂砂1 h抗拉强度、24 h抗拉强度随之快速下降;温度在25 ℃左右时,树脂砂1 h抗拉强度、24 h抗拉强度达到最大。

湿度对呋喃树脂自硬砂强度的影响主要是水分活性分子析出树脂砂界面,从而形成一个弱界面层。水分主要来源于三方面:①树脂中固有的水分;②树脂薄膜吸收空气中的水分;③呋喃树脂砂硬化过程中反应时生成水<sup>[5-6]</sup>。空气中湿度增加时,树脂砂型1 h抗拉强度随着湿度的增加呈线性降低,这是因为空气中的湿度大,试样中水分的扩散受阻,造成的硬化速度下降,反映出树脂砂型1 h强度降低。当相对湿度为(60±5) RH%时,24 h抗拉强度最高;当相对湿度小于(60±5) RH%时,24 h抗拉强度随着湿度的降低而降低;当湿度高于(60±5) RH%时,24 h抗拉强度随着湿度的增加而降低。

随着湿度的不断增加,树脂砂1 h抗拉强度、24 h抗拉强度的曲线走向越来越靠近,这是因为当湿度增加到一定程度时,树脂和固化剂反应生成的水再加上空气中的水共同阻碍了树脂和固化剂的持续反应,所以从反应历程来看,初强度和终强度非常接近。

### 2.3 固化剂酸度对砂型强度的影响

试验条件:树脂加入量为1.0% (占原砂质量分数),固化剂加入量为50% (占树脂质量分数),温度为(25±2) ℃,相对湿度为(60±2)% (温湿度变化通过OM-MHU-50L系列温湿度方程式恒温恒湿箱控制,通过定值控制方式使温度维持在(20±2) ℃,相对湿度为(60±2%);砂温为该测量环境下的温度(将试验用砂提前24 h置于已调节好的方程式恒温恒湿箱中)。固化剂由高酸和低酸按不同比例混配而成。下文的固化剂酸度为高低酸按不同比例混配成的总酸度计算。

如图3所示为不同固化剂酸度下,树脂砂1 h抗拉强度和24 h抗拉强度(终强度)。

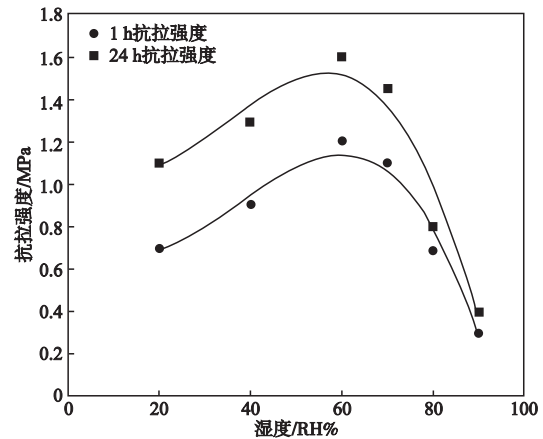


图2 湿度对呋喃树脂砂型强度的影响

Fig. 2 Effect of humidity on strength of furan resin sand

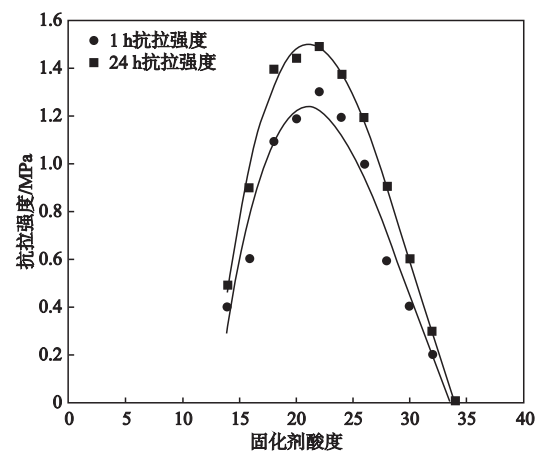


图3 固化剂酸度对呋喃树脂砂型强度的影响

Fig. 3 Effect of curing agent acidity on strength of furan resin sand

由图3可以得出如下结论:在相对温湿度不变的情况下,树脂砂型1 h抗拉强度、24 h抗拉强度在酸度值25±2左右时出现最大值。当酸度值低于25±2时,树脂砂型1 h抗拉强度、24 h抗拉强度随着酸度值的增加而增加;当酸度值高于25±2时,树脂砂型1 h抗拉强度、24 h抗拉强度随着酸度值的增加而降低;当酸度值为14左右,树脂砂型1 h抗拉强度为0;当酸度值为34左右,树脂砂型1 h抗拉强度、24 h抗拉强度都为0。

固化剂酸度的高低对呋喃树脂砂强度有重要影响。在树脂、固化剂加入量以及环境温湿度一定时,呋喃树脂砂型强度并不是随着固化剂酸度增加而增加,或者增加而降低。温度20 ℃、湿度60 RH%左右、固化剂酸度在23~25之间树脂砂强度达到最大。当酸度过低时,树脂砂型强度随固化剂酸度降

低而降低；当酸度低于12时，1 h强度几乎没有，24 h强度也较低；当酸度过高时，树脂砂型强度随固化剂酸度升高而降低；当酸度低于34时，1 h强度和24 h强度为0，这是因为硬化速度过快，砂型脆性大，以致强度为0。所以合适的固化剂酸度对呋喃树脂砂强度有重要影响。固化剂酸度过高，初强度和终强度有可能为零；固化剂酸度过低，初强度和终强度也无法满足现场使用，可采用AB固化剂仪设备（A对应高酸、B对应低酸）随时调整固化剂酸度值以满足强度要求，其方法是调节高酸、低酸加入比例，通过混配之后再流入干砂中。

固化剂酸度太低，除了影响树脂砂初强度和终强度，还影响树脂与固化剂反应历程，导致后续反应不能持续进行，故从曲线来看非常接近；固化剂酸度太高，反应太剧烈，直接影响树脂砂初强度、终强度和树脂与固化剂反应历程，在很短的时间内（1 h）反应就已完成，无后续反应，故从曲线来看非常接近，但这导致硬化速度过快，砂型脆性大，没强度。从初强度和终强度的差值就可以得出适宜的固

化剂酸度，保证了树脂与固化剂反应的持续进行。

### 3 结论

（1）温度对呋喃树脂自硬砂强度有重要影响，适宜的温度范围在15~25℃。温度过低（<0℃），硬化慢，会对强度有影响；温度过高（>30℃），硬化过快，导致砂型脆性大，强度几乎为零。

（2）湿度对呋喃树脂自硬砂强度有影响，低湿度或者正常湿度（低于70），呋喃树脂对湿度的敏感性弱，初强度>0.7 MPa，终强度>1.1 MPa，能满足现场铸造要求（初强度要求>0.6 MPa）；当湿度大于90 RH%时，呋喃树脂自硬砂强度急速下降，对湿度的敏感性极强，初强度只有0.3 MPa，终强度只有0.4 MPa，显然不能满足现场铸造要求。

（3）固化剂酸度对呋喃树脂砂强度有重要影响，适宜的固化剂酸度范围在18~28之间。固化剂酸度过低（<13）时，树脂砂型1 h强度和24 h趋于0；固化剂酸度过高（>35）时，由于硬化过快，树脂砂型1h强度和24 h强度也趋于0。

#### 参考文献：

- [1] 李远才. 铸造材料基础 [M]. 北京：化学工业出版社，2009.
- [2] 谢明师，蒋乃隆. 呋喃树脂自硬砂实用技术 [M]. 北京：机械工业出版社，1995.
- [3] 刘昭荐. 行业标准《铸造用自硬呋喃树脂》解读 [J]. 机械工业标准化与质量，2009（4）：106-667.
- [4] 马文，何龙，韩文. 环保抗湿性自硬呋喃树脂的开发及其应用 [J]. 铸造设备与工艺，2014（5）：39-41.
- [5] 张祖烈. 冷硬呋喃树脂砂 [M]. 北京：新时代出版社，1983.
- [6] Hoyt D F. Identifying and eliminating the variables that affect the performance of no-bake and cold-box binder systems [J]. Transactions of the American Foundry Society，2007（115）：261-279.

## Effects of Temperature, Humidity and Curing Agent Acidity on Strength of Furan Resin Sand

ZHOU Li-jun, MA Wen

(Ningxia Kocel Chemicals Co., Ltd., Yinchuan 750021, Ningxia, China)

#### Abstract:

This paper explored the effects of ambient temperature, humidity, curing agent acidity on the strength of furan resin sands. Experiments have shown that the ambient temperature is too high or too low, both the initial and final strengths is relatively low, so the suitable temperature is in the range is 15-25℃; when the ambient humidity is >90RH%, the strength of self-curing furan resin sand rapidly decreases, which is very sensitive to to humidity, with the initial strength of only 0.3 MPa and the final strength of only 0.4 MPa; too low curing agent acidity leads to lower initial or final strength of furan resin sand, while too high curing agent acidity may make the initial or final strength be zero, so the acidity value of the curing agent should be adjueted on site according to the requirements.

#### Key words:

temperature; furan resin sand; strength; humidity; curing agent acidity