

# 一种快速检测原砂含泥量的自动装置

郭景宝<sup>1</sup>, 马旭梁<sup>1</sup>, 李大勇<sup>1</sup>, 薛江<sup>2</sup>

(1. 哈尔滨理工大学材料科学与工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040; 2. 无锡市三峰仪器设备有限公司, 江苏无锡 214151)

**摘要:** GB/T2684-2009所述的原砂含泥量传统检测方法和装置简易, 以人工操作为主, 步骤繁杂, 用时较长。为解决这一问题, 设计一种快速测量原砂含泥量的自动装置, 它在不失精度的前提下能够实现快速检测。介绍了如何对检测装置的各个系统进行设计来实现含泥量的自动快速检测。

**关键词:** 快速检测; 含泥量; 原砂

在铸造生产中, 含泥量是湿型粘土砂的重要组分参数, 也是对性能最为敏感的参数之一。含泥量增多致使型砂变脆, 起模性变坏, 同时也会使砂型的透气性降低, 导致铸件产生气孔、浇不足等缺陷。因此为保证铸件的质量, 对含泥量的检测、控制是必不可少的<sup>[1-5]</sup>。

目前含泥量的检测方法主要采用GB/T 2684—2009规定的标准检测方法<sup>[6]</sup>, 其方法是先根据悬浮在水中的原砂和泥分的直径大小不同, 其下降速度也不同的原理将泥分与砂粒分开, 然后用虹吸管将洗砂杯中上部分水和悬浮的泥分吸出。经过多次反复沉降和虹吸, 直到水清为止, 此时表明砂样中泥分已洗净。最后将剩余砂样烘干并称量、计算, 即可得到砂样中泥分的含量。此方法是目前最普遍的测量原砂含泥量的方法, 但该检测方法主要依靠人工操作, 步骤多而繁杂, 用时长, 过多的人为参与增添了许多麻烦。为了解决这些问题, 李绍鹏等设计了一种测量精度高、测量周期短、自动性强的快速测量原砂含泥量的自动装置<sup>[7-9]</sup>。

目前含泥量的检测方法主要采用GB/T 2684—2009规定的标准方法及一些企业采用的快速检测方法, 这两种方法都是通过涡洗、沉降、虹吸的过程将泥分与砂子分离, 只是含泥量的计算方法有所差异。

在GB/T 2684—2009规定的检测原砂含泥量标准方法中, 具体操作过程为取样、称量、涡洗、沉降、虹吸(直到水清为止); 待砂样中泥分洗净, 烘干并称量剩余砂样的重量。含泥量表达式为:

$$x = [(M_1 - M_2) / M_2] \times 100 \quad (1)$$

式中:  $x$ 为含泥量,  $M_1$ 为水洗前试样质量,  $M_2$ 为水洗后试样质量。

在快速检测方法中, 检测原砂含泥量简单易行<sup>[10]</sup>, 具体步骤如下:

(1) 向专用600 mL洗砂杯加水至洗砂杯刻线处(图1a刻线高为 $h$ ), 准确称出其质量为 $Q_1$ (此数为常数, 可事先称好直接记于杯上);

(2) 在洗砂杯中先装入一定量的清水(刻线一半高为宜), 然后取欲测含泥量的砂样约50 g(不需称量, 不需烘干), 投入洗砂杯中, 稍加摇动, 排除水中气泡, 再加水至步骤1相同刻线处(图1b), 准确称出其质量为 $Q_2$ ;

(3) 对洗砂杯内待测试样进行涡洗、沉降、虹吸操作(直至最后一次虹吸结束);

(4) 向步骤3去除泥份后的洗砂杯再次加水至与步骤1和步骤2相同刻线处(图

作者简介:

郭景宝(1992-), 男, 硕士研究生, 主要从事铸造过程快速检测技术研究。

通讯作者:

马旭梁, 男, 教授, E-mail: 1336657568@qq.com

中图分类号: TG247

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)02-0181-05

收稿日期:

2018-10-22 收到初稿,  
2018-11-13 收到修订稿。

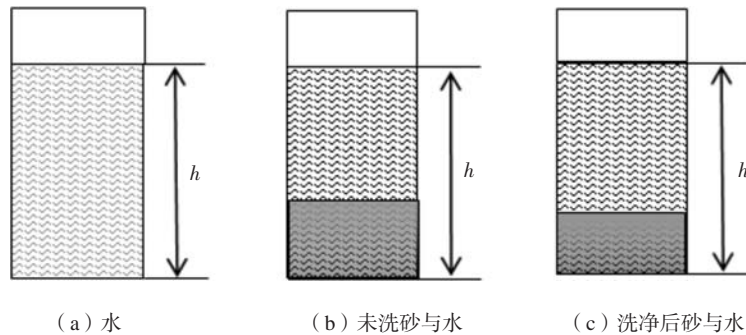


图1 快速检测原砂含泥量原理图

Fig. 1 Schematic diagram of rapid detection for clay content in base sand

1c), 准确称出其质量为 $Q_3$ ;

(5) 原砂含泥量按下式计算:

$$x = \frac{Q_2 - Q_3}{Q_2 - Q_1} \times 100\% \quad (2)$$

其原理是, 设砂样质量为 $G_0 = G_1 + G_2$ , 其中 $G_1$ 和 $G_2$ 分别表示质量为 $G_0$ 的原砂中砂的质量和泥份的质量,  $G_0$ 、 $G_1$ 、 $G_2$ 的密度均为 $r$ , 水位达到高为 $h$ 处的刻线体积为 $V$ , 洗砂杯的质量为 $M$ , 水的密度 $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 当水位达到相同高度 $h$ 处时,  $Q_1$ 表示洗砂杯+水的质量,  $Q_2$ 表示洗砂杯+水+砂+泥份的质量,  $Q_3$ 表示洗砂杯+水+砂的质量, 则:

$$Q_1 = M + V\rho \quad (3)$$

$$Q_2 = M + G_1 + G_2 + (V - \frac{G_1 + G_2}{r})\rho \quad (4)$$

$$Q_3 = G_1 + M + (V - \frac{G_1}{r})\rho \quad (5)$$

联立(3)、(5)式得:

$$G_1 = \frac{Q_3 - Q_1}{1 - \frac{\rho}{r}} \quad (6)$$

联立(4)、(5)式得:

$$G_2 = \frac{Q_2 - Q_3}{1 - \frac{\rho}{r}} \quad (7)$$

含泥量表达式为:

$$x = \frac{G_2}{G_1 + G_2} \times 100\% \quad (8)$$

联立(6)、(7)、(8)式得含泥量最终表达式为:

$$x = \frac{G_2}{G_1 + G_2} \times 100\% = \frac{Q_2 - Q_3}{Q_2 - Q_1} \times 100\% \quad (9)$$

综上所述, 对比GB/T2684—2009检测方法和快速检测方法检测步骤可知, GB/T2684—2009检测方法在检测过程中应用电子天平、涡洗式洗砂机、烘干器等设备, 整个检测过程耗时长, 人工劳动量过大, 应用此方法很难将此三种设备置于同一工作界面实现装置的一体化、智能化; 而快速检测方法在检测过程中只应用了电子天平和涡洗式洗砂机, 省去了较为繁杂的烘干过程, 由公式(9)可知, 只需要得到三个在相同水位线下不同组分的质量, 即可求得含泥量, 缩短了测量周期, 且更易于实现装置的一体化、智能化。因此, 以快速检测方法为基础, 设计了一种快速检测装置, 它在不失精度的前提下能够实现原砂含泥量的快速检测。

## 1 快速检测装置的设计与实现

为实现快速检测法测量原砂含泥量, 在涡洗式洗砂仪的基础上, 该装置还应实现自动加水、自动虹吸、精确称量等功能。在分别实现各功能的同时, 应保证各系统之间具有一定的连贯性, 本设计的原则是分系统设计, 相互配合制约, 最后加以整合, 装置整体如图2所示, 装置主要分为加水、虹吸系统、搅拌系统、称量系统、升降机构及中央控制系统。

### 1.1 自动加水、虹吸系统

(1) 水箱。为方便完成自动加水过程, 在测量装置上部安放了水箱, 采用重力加水。为保证系统完成一个测量周期, 水箱中所盛装水的体积应能够将待测原砂试样洗净。对原砂含泥量检测需水量进行试验, 结果如表1所示。

由表1数据可知, 当虹吸7次时, 含泥量达到稳定。经计算用水约为2 000 mL。考虑到装置整体外形, 将水箱外观设计成长方体结构, 从装置的空间利用率

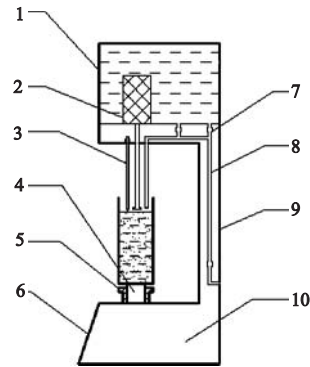
和结构的稳定性考虑, 搅拌电机装在加水水箱的内部位置, 这使得水箱变成壳型结构, 搅拌电机高度为100 mm, 外部直径为80 mm, 其占用体积约为500 mL。另外, 考虑到不同含泥量原砂的需水量不同, 最终设计水箱形状及尺寸如图3所示, 水箱装水容积为5 010 mL。

(2) 加水与虹吸。如图4所示, 为实现自动加水与自动虹吸过程, 管路与水箱水口相连, 设定粗加水和精加水两个加水功能, 保证本装置对加水量的严格控制, 采用三个常闭电磁阀实现自动加水与自动虹吸过程。

起始阶段阀1、阀2、阀3三个电磁阀都为关闭状态, 初加水时阀2为开, 阀1、阀3为闭, 此时为粗加水过程, 加水达到规定水位线时, 关闭阀2停止粗加水, 打开阀1实现精加水, 使水位更精准的达到预计的水位线, 关闭阀1至此加水完毕。待一次洗砂过程完成静止一段时间后, 打开阀3, 由于在阀2与阀3间存有一段水柱, 根据大气压强原理, 当阀3打开时, 实现自动虹吸使洗砂杯中的浑水向外排出。

### 1.2 称重系统

由快速法测量原砂含泥量可知, 在测量过程中需准确称量出相同水位下不同组分的质量, 为保证测量精度, 设计原理如图5所示。为减小测量误差开始加水



1.水箱 2.带搅拌头的电机 3.水位探针 4.压力传感器 5.升降机构  
6.显示操控板 7.电磁阀 8.水管 9.固定支架 10.电源箱

图2 检测装置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of detection device

表1 不同洗砂次数原砂含泥量  
Table 1 Clay content in base sand at different times of washing

洗砂次数	含泥量/%
4	0.723/0.741
5	0.794/0.811
6	0.823/0.838
7	0.826/0.840
8	0.826/0.840

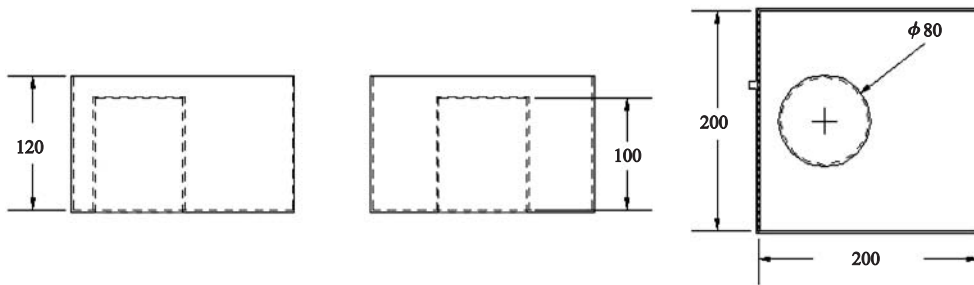


图3 水箱示意图

Fig. 3 Schematic diagram of water tank size

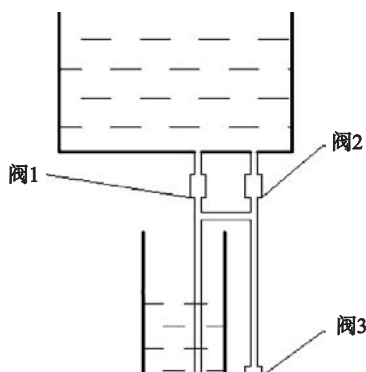


图4 自动加水虹吸原理示意图

Fig. 4 Schematic diagram of automatic water siphon

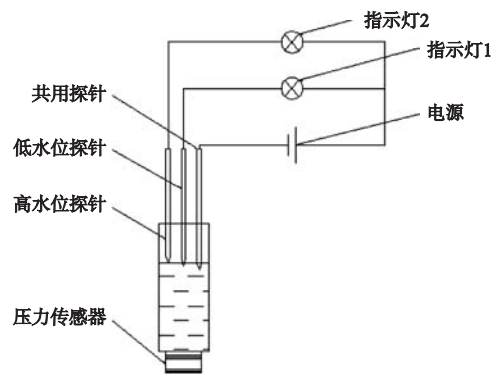


图5 称重系统原理示意图

Fig. 5 Schematic diagram of weighing system

时为粗加水过程,当水位达到低水位电极时,指示灯1亮起,停止粗加水,开始精加水;当达到高水位电极时指示,灯2亮起,达到预定水位线,停止加水。待液面稳定后,压力传感器记录此时质量。同理,按此方法称量相同水位线下,加入未洗净砂的质量和洗净后砂的质量。

### 1.3 升降机构

测量质量和进行洗砂时,洗砂杯应处在不同高度,为方便洗砂杯的取放应设计升降机构。由于电机质量过重和水箱上连接管路,综合考虑,采取升降洗砂杯的方法更为合理。为洗砂杯设计锁紧和升降装置,设计原理如图6所示,通过摇动手柄带动齿轮转动,使齿条发生上下运动,从而使载物盘发生运动<sup>[11-12]</sup>。洗砂杯高度为165 mm,因此设计运动行程为170 mm,即完成洗砂杯的升降需求。

### 1.4 搅拌系统

在洗砂过程应按照涡洗原理进行洗砂,搅拌装置如图7所示,主要由电动机带动搅拌轴以及搅拌轴前端的搅拌叶片转动,完成涡洗过程,三根不同高度的水位探针及水管在涡洗过程中起阻流作用。

### 1.5 控制系统

控制系统主要由数据采集与处理单元完成,并通过LCD显示屏显示出含泥量。数据采集与处理单元主要由单片机STC89C52、LCD液晶显示屏、电源电路、时钟电路、复位电路、A/D转换器和按键控制电路等部分构成,主要实现以下功能:电动机转数的控制和显示;压力传感器数据转换、显示和寄存;自动加水、虹吸、称量的程序控制。

## 2 原砂含泥量检测对比试验

为了验证快速检测法测定原砂含泥量的可行性和准确性,对同一批原砂分别采样,并分别利用快速检测法和国标检测法进行了原砂含泥量的检测试验,检测结果如表2所示。

由表2可知,标准检测法与快速检测法试验相对误差1.52%、2.73%、0.48%、1.42%、0.95%,相对误差最大值为2.73% < 3.00%,平均相对误差为1.42%。由试验数据可知,快速检测原砂含泥量结果与标准法检测原砂含泥量结果相对平均误差较低,且最大相对误差在合理范围内,满足测量精度。同时对比试验步骤可得标准法测定原砂含泥量过程主要为预热、称量、洗砂、虹吸、过滤、烘干、称量、计算,总用时为5 h,快速法测定原砂含泥量主要过程为称量、洗砂、

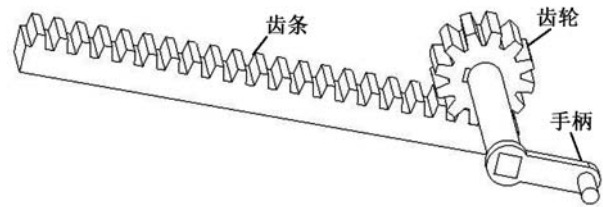


图6 升降机构原理示意图

Fig. 6 Schematic diagram of lifting system

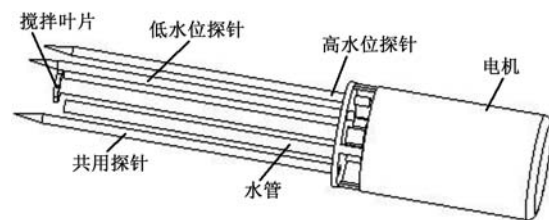


图7 搅拌系统示意图

Fig. 7 Schematic diagram of mixing system

表2 不同测试方法下原砂含泥量测试结果  
Table 2 Test results of base sand clay content using different test methods

组号	标准检测值/%	快速检测值/%
1	0.856	0.843
2	0.843	0.866
3	0.832	0.836
4	0.847	0.839
5	0.834	0.840
平均值	0.842	0.848
时间/h	5	1.5

虹吸、称量、计算,总用时为1.5 h,相对于标准法测定原砂含泥量,快速法测定原砂含泥量步骤简单,在测量时只需要进行3次精准的质量称量即可,不需要使用电烘箱,减少了能量损耗,且用时只占原来的30%,大大缩短了测试时间。

## 3 结束语

(1)为实现快速检测原砂含泥量,设计了原砂含泥量快速检测装置,该装置由加水和虹吸系统、搅拌

系统、称量系统、升降机构及中央控制系统组成，并对各系统进行了分析与设计。

(2) 分别采用快速检测法和标准检测法对同一批原砂试样进行了含泥量的测试，从测试过程来看，快速检测法较标准检测法省略了烘干过程，且实现了自动加水和自动虹吸过程以及自动称重和计算，使得测试时间大为缩短，仅为标准测试法用时的30%。测试结果表明，快速检测法最大误差为2.73%，满足原砂含泥量的测试要求。

#### 参考文献:

- [1] 于震宗. 湿型砂性能检测技术(3) [J]. 现代铸铁, 2010, 30(3): 83-86.
- [2] 翟直上. 自动涡洗式洗砂机的研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2016.
- [3] 黄春雨. 铸造用原砂含泥量检测中应注意的问题 [J]. 铸造技术, 2014, 35(1): 201-202.
- [4] 周建新, 计效园, 闫春泽, 等. 铸造技术路线图: 快速成形 [J]. 铸造, 2017, 66(5): 433-438, 444.
- [5] 李大勇, 马旭梁, 王录才, 等. 铸造技术路线图: 普通砂型铸造装备与检测技术 [J]. 铸造, 2017, 66(8): 789-801.
- [6] 祝建勋, 初中江, 支合一, 等. GB/T2684-2009, 铸造用砂及混合料试验方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [7] 李绍鹏, 汪亮, 程曦. 混凝土用砂含泥量检测方法改进与装置设计 [J]. 混凝土与水泥制品, 2018(6): 78-80.
- [8] 许庆彦. 铸造技术路线图: 数字化、网络化、智能化铸造 [J]. 铸造, 2017, 66(12): 1243-1250.
- [9] 王国斌. 砂的含泥量检测及细颗粒利用 [J]. 水利建设与管理, 2009, 29(5): 17-18.
- [10] 戴慧珍. 砂子含泥量的快速测定法 [J]. 建筑技术, 1976(Z1): 109-110.
- [11] 王强, 姜喆. 三级传动洗砂机的简介及主传动系统的选择 [J]. 才智, 2010(16): 63.
- [12] 沈东明, 张亚挺. 探讨一种定量检测人工砂含泥量的方法 [J]. 水力发电, 2016, 42(2): 120-122.

---

## An Automatic Device for Rapid Detection of Clay Content in Base Sand

GUO Jing-bao<sup>1</sup>, MA Xu-liang<sup>1</sup>, LI Da-yong<sup>1</sup>, XUE Jiang<sup>2</sup>

(1. School of Materials Science and Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150040, Heilongjiang, China; 2. Wuxi Sanfeng Instrument Equipment Co., Ltd., Wuxi 214151, Jiangsu, China)

#### Abstract:

The device used in the traditional method for detecting the clay content in base sand described in the standard GB/T2684—2009 is simple, and this method is mainly by manual operation with complicated processes and a long time. In order to solve this problem, an automatic device which could realize the rapid detection without losing the precision was designed. The paper introduces design details of each system in the detection device to realize the automatic and fast detection of clay content in base sand.

#### Key words:

rapid detection; clay content; base sand

---