

# The Measurement of the Concentration of Applied Gilsonite Slurry

Yingyun Qiao, Yuanyu Tian

Chemical and environment engineering institute, Shandong university of science and technology, Qingdao, 266510, China  
e-mail: qiao\_yingyun@126.com

**Abstract:** The extrapolate measurement used for measuring the topmost concentration of gilsonite is validated by theory and experiments, which has advantages, such as maneuverability, conveniency, varacity of result, good repetition, et al. It also applies to other slurrys. With the requestments and factors in the processes of slurry making, transportation and burning, the concentration of applied gilsonite slurry. This measurement can makes gilsonite slurry more economically.

**Keywords:** bitumen slurry; topmost concentration; applied concentration; value;

## 硬沥青水浆实用浓度的确定

乔英云, 田原宇

山东科技大学化学与环境工程学院, 山东青岛, 中国, 266510  
e-mail: qiao\_yingyun@126.com

**摘要:** 本文通过理论推导并经过实验验证得到硬沥青水浆最高浓度结果的外推确定法, 具有可操作性强, 简单方便, 评价结果准确、重复性好等优点, 同样适用于其它各种水浆最高浓度的确定。在此基础上又综合了制浆, 输送和燃烧的各种具体要求和因素, 确定硬沥青水浆实用浓度, 实现了最经济地制取硬沥青水浆。

**关键词:** 沥青水浆; 最高浓度; 实用浓度; 评价

### 1 前言

为了充分发挥重油加工硬沥青的挥发性高、发热量大、灰分少、容易粉碎、粉尘爆炸性小等优点, 借鉴比较成熟的水煤浆技术而正在开发的硬沥青水浆技术, 比较成功地解决了重油加工硬沥青的出路问题, 更重要的是推动溶剂脱沥青、尤利卡等重油加工工艺的进一步发展, 使重油深度加工日趋完善。要获得较高的输送效率, 燃烧效率和气化效率, 减少管道输送能耗, 防止硬沥青水浆在管道内沉积、粘附和堵塞现象的发生, 满足道路、船舶运输的需要, 工业应用的硬沥青水浆必须具备适当的浓度、较低的粘度和良好的稳定性。

制浆用硬沥青的成浆性能评价和水煤浆一样, 通常需要进行实验室评价和工业考核两项基本内容。硬沥青的吸水性远优于煤, 其水浆浓度一般高于优质煤的制浆浓度、热值远高于燃烧或气化的最低要求。但由于硬沥青具有一定的软化点, 超过一定的温度, 将

会发粘结团, 堵塞设备, 从而使硬沥青不能象煤那样长时间细磨以达到较理想的粒度分布。同样硬沥青水浆浓度过高会引起粘度太高, 在泵送硬沥青水浆时, 沥青颗粒会因过分摩擦发热软化变形, 引起机泵抱轴而损害机泵、粘附堵塞管道等。因而硬沥青成浆性能评价的主要指标之一就是硬沥青水浆的实用浓度, 而不同于水煤浆是最高浓度。它是制浆用硬沥青在最优条件下同时满足制浆、泵送, 运输和燃烧工况以及热值要求的最经济浓度。

确定硬沥青水浆的实用浓度, 首先是确定硬沥青水浆在实验室模拟工业制浆最优条件下的最高浓度(上限临界浓度), 再根据燃烧或气化工况和热值的要求确定水浆的最低浓度(下限临界浓度), 然后根据泵送雾化等条件, 在下限临界浓度和上限临界浓度之间选取最经济的制浆浓度做为硬沥青水浆的实用浓度。

### 2 实验室硬沥青水浆最高浓度的确定

确定硬沥青水浆的最高浓度(上限临界浓度)是

我们选择制浆硬沥青原料的主要条件。水煤浆最高浓度目前比较通用的方法，大致有如下几种方法：（1）流动判断法、（2）堆积效率法、（3）粘度判断法、（4）沉降析水法。由于这些方法本身的缺陷以及硬沥青具有一定的软化点，常常导致实验室评价结果不具有重复性，给实验室硬沥青成浆性能评价工作带来许多困难。下面从理论上推导一种模拟工业制浆条件确定沥青水浆实验室最高浓度的新方法。

## 2.1 硬沥青水浆的成浆性和沉降性

高浓度低粘度稳定好的硬沥青水浆中，硬沥青粉微孔内凝聚和吸附的水分达到饱和状，硬沥青粉被一层水膜所包围和分隔，粉粒间的空隙全部被水填充，颗粒间能够滑动而且具有一定的流动性。硬沥青粉的悬浮状态为聚沉态，其稳定性服从网络—静电稳定机理。

硬沥青水浆分散体系是重力作用大于扩散作用的动力不稳定系统。由于 Stokes 沉降和胶凝脱水收缩作用的存在，在静置时必然会发生沉降与沉积。沉积平衡时，沥青床性质达到动力稳定状态。平衡沉积床仍然服从硬沥青水浆的成浆机理。由于平衡沉积床具有动力稳定性而不能自动压缩，故其浓度已达到动力稳定值。可以认为，这时平衡沉积床的硬沥青粉百分含量就是硬沥青成浆的最高浓度，其中的水分就是成浆所需的最小水含量，而析出的水分则是多余的部分。

### 2.1.1 硬沥青水浆的密度

由于硬沥青水浆体积为颗粒占据的体积与颗粒间空隙自由水体积之和，所以有：

$$1/\rho_m = C_w/\rho_p + [1 - C_w/(1 - MHP)]/\rho \quad (1)$$

变形得：

$$1/\rho_m = 1/\rho - C_w \cdot \{1/[\rho(1 - MPH)] - 1/\rho_p\} \quad (2)$$

式中： $C_w$  为沥青质量浓度，MHP 为沥青粉的最高内在水份， $\rho$  为水的密度  $\text{Kg/m}^3$ ， $\rho_m$  为沥青水浆的密度  $\text{Kg/m}^3$ ， $\rho_p$  为硬沥青密度  $\text{Kg/m}^3$ 。

式（2）说明了  $1/\rho_m$  与  $C_w$  成线性关系。

### 2.1.2 沥青水浆平衡沉积床密度

根据质量守恒定律，沥青水浆密度与平衡沉积床密度  $\rho_m$  有如下关系：

$$\rho_m \cdot V_t = \rho \cdot V_w + \rho_m \cdot V_b \quad (3)$$

由于

$$V_t = V_w + V_b \quad (4)$$

令

$$F_w = V_w/V_t \quad (5)$$

$$F_b = V_b/V_t \quad (6)$$

所以得

$$\rho_m = \rho_m - (\rho_m - \rho) \cdot F_w \quad (7)$$

式中  $F_b$  为平衡沉积床体积分率， $F_w$  为最大析水体积分率， $V_b$  为平衡沉积床体积， $V_t$  为硬沥青水浆体积， $V_w$  为析出水体积

由于  $\rho_m$  和  $\rho$  不随初始条件 ( $C_w$ ,  $\rho_m$ ) 变化，所以式（7）说明了  $\rho_m$  与  $F_w$  成线性关系。

### 2.1.3 硬沥青水浆体积浓度

硬沥青水浆体积浓度 ( $C_v$ ) 指颗粒占据的体积占水浆体积分率，又叫作单位体积硬沥青水浆的颗粒体积，一般由实测数据计算而得。

由定义可知：

$$C_v = (C_w/\rho_p)/(1/\rho_m) = (\rho_m/\rho_p) \cdot C_w \quad (8)$$

由于硬沥青粉颗粒对浆体运动的影响仅表现在颗粒占据的体积上，而与颗粒微孔体积无关，因而硬沥青水浆体积浓度必须是包括内外孔在内的颗粒体积分率，但由于硬沥青所含微孔较少，制浆时一般用重量浓度，所以硬沥青密度用硬沥青的真实密度（可通过融化为液体沥青来测量）。由式（2）解出  $C_w$  代入式（8）并整理得：

$$C_v = (\rho_m - \rho)/[\rho_p/(1 - MHP) - \rho] \quad (9)$$

式（9）说明  $C_v$  与  $\rho_m$  成线性关系。

### 2.1.4 硬沥青水浆体积浓度与最大析水率

考虑到平衡沉积床性能参数间的关系服从上述关系。将式（7）代入式（9），并整理得：

$$C_v = C_v \cdot (1 - F_w) = C_v \cdot F_b \quad (10)$$

式中  $C_v$  为平衡沉积床中硬沥青粉的体积浓度。

上式说明硬沥青水浆体积浓度与最大析水率成线性关系，与平衡沉积床体积分率成正比，且比例常数为床层中硬沥青粉的体积浓度。既然硬沥青水浆体积浓度与最大析水率间存在线性关系，我们可以在静态稳定性实验中，依据实测数据，计算出外推到最大析水率为零时平衡沉积床的体积浓度作为该条件下的最高浓度。这种确定沥青水浆最高浓度的新方法不包含任何含糊不清的假定，有着比较严密的理论基础，对于特定的沥青，其浓度一定，体积浓度与质量浓度成正比，比例系数为沥青密度。因此原则上可由一组析水质量百分率的测定数据直接计算出最高浓度，但考虑到测量误差的存在，我们采用线性统计规律来描述质量浓度与最大析水率间的线性关系：

$$C_w/\rho_p = (C_w/\rho_p) \cdot (1 - F_w) \quad (11)$$

$$C_w = C_{w'}(1 - f_w) = C_{w'} \cdot F_b \quad (12)$$

所以

$$F_w = a + bC_w \quad (13)$$

式中 a, b 均为常数, 无因次。

对一般试验数据进行标绘和关联, 最高浓度就是外推到  $F_w = 0$  时的值。考虑到随着浓度的增加, 最大析水率和达到沉积平衡所需的时间均相应减少, 借鉴水煤浆析水率测定方法, 以 24 小时析水率为零的水浆为最高浓度, 误差仅为 1%。

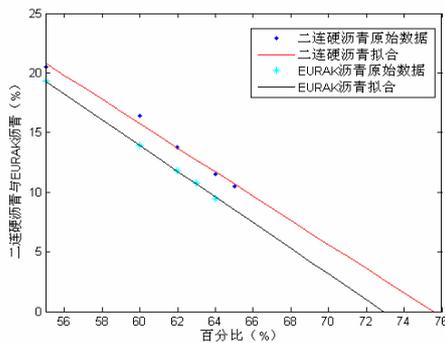
### 2.1.5 沥青水浆最高浓度的实验确定

通过对二连脱油沥青和尤利卡沥青做验证实验, 利用外推法我们得到二连脱油沥青的上限临界浓度为 80%, 尤利卡沥青为 73%。

Table 1. Condensate rate between two kinds of gilsonite in different concentration for 24h

	55.0%	60.0%	62.0%	63.0%	64.0%	65.0%
二连硬沥青	20.5%	16.4%	13.8%	---	11.5%	10.5%
EURAK 沥青	19.3%	13.9%	11.8%	10.8%	9.5%	---

Figure 1. topmost concentration of bitumen slurry  
图 1. 沥青水浆最高浓度的确定



通过实验室的验证实验结果表明, 采用外推法评价的硬沥青水浆最高浓度结果具有重复性。这说明该方法可以用于实验室硬沥青水浆最高浓度的确定, 具有可操作性强, 操作简单方便, 评价结果准确及时等优点。

### 3. 沥青水浆下限临界浓度的确定

沥青水浆主要是用作燃料, 具有粘度低, 流动性好, 热值高, 灰分低, 便于组织燃烧且燃烧稳定。由于工业燃烧具体工况和加热对象不同, 对燃料燃烧热值有不同的下限要求。常压热水锅炉只需低热值燃料就可满足需要, 而高压蒸汽锅炉则需高热值燃料来

保证。因此我们应根据硬沥青水浆的具体应用对象和其对燃料热值的要求, 依据硬沥青水浆与热值的关系确定沥青水浆下限临界浓度。

Table 2. The relationship between the concentration of without oil gilsonite slurry and heat value

表 2 脱油硬沥青水浆浓度与热值的对应关系

试样标号	沥青组成	沥青含量	高位发热值	低位发热值
			$Q_H$ J/g	$Q_L$ J/g
1	二连硬沥青	50	19987.7	18215.9
2	二连硬沥青	55	22578.3	20344.1
3	二连硬沥青	60	22795.3	20430.3
4	混合硬沥青	55	21611.0	19270.3
5	混合硬沥青	60	23611.7	20631.9
6	混合硬沥青	65	25421.3	22937.7
7	大样	63	24631.1	22676.6

由于硬沥青热值高, 灰分少, 新发展起来的硬沥青水浆燃料也无需为之专门设计的锅炉, 原来烧重油的设备很容易改造为烧硬沥青水浆。对原有锅炉加热炉改造, 确定硬沥青水浆下限临界浓度, 需考虑的因素主要有炉膛的结构, 燃烧喷嘴的最大燃烧能力, 加热对象的处理能力, 单位时间所需热量和加热温度, 炉管的传热性能等。

### 4. 硬沥青水浆实用制浆浓度的确定

硬沥青水浆随着浓度的增高, 热值增高, 输送效率、燃烧效率和气化效率增高, 炉膛利用率提高。但随之而来的是粘度增大, 制浆难度增加, 泵送性能变差, 输送能耗增加, 燃烧雾化性能变差等, 因而我们必须根据具体情况在沥青水浆上、下限临界浓度之间确定一个最经济的制浆浓度作为该硬沥青水浆的实用浓度。

确定沥青水浆实用浓度, 需考虑的主要因素: 沥青水浆输送泵的种类, 性能和要求, 粘度对能耗的影响 (经济粘度  $200\text{mm}^2$  左右), 粘度对燃烧喷嘴雾化的影响, 粘度与浓度关系, 燃烧热值的过量系数等。

### 5. 结论

通过理论推导和实验验证, 硬沥青水浆实验室最高浓度的外推确定法可操作性强、简单方便, 评价结果准确、重复性好, 同样适用于其它各种水浆最高浓度的确定。

硬沥青水浆实用浓度的确定综合了制浆, 输送和燃烧的各种具体要求和因素, 实现了最经济地制取硬

沥青水浆，对其它各种水浆的制浆也有重要的指导意义。

### References (参考文献)

- [1] Tian Yuanyu, The exploitation and application on composite gilsonite slurry research, master degree thesis, dongying, 1998.

田原宇，复合硬沥青水浆燃料技术的研制开发及应用，硕士论文，东营，1998.

- [2] Tian Yuanyu, Jia Shengsheng, Chen Jian, The research on composite gilsonite slurry, petroleum refining and chemical, 2003.

田原宇，贾生盛，程健等，复合硬沥青水浆的研制，石油炼制与化工，2003.