

# 用红泥为原料制造红水泥的研究<sup>①</sup>

刘万桢 江义华

(重庆市城建校)

**摘 要** 本文介绍以红泥为原料,用直接煅烧法制造红水泥;以红泥为着色剂,红矿渣为添加剂制造红水泥;以红泥为原料制造红颜料,与白水泥混合制造红水泥的情况。

**关键词** 红泥,直接煅烧法,红矿渣,红水泥

## 1 导 言

红泥又叫赤泥,是一种由铝土矿中制取矾土或从矾土中提取  $Al_2O_3$  的副产品。这种工业废料有固定的化学成分,含大量的倍半氧化物,有很好的分散度,其中半径小于 10mm 的颗粒数量超过 90%。

从红泥的矿物组成和化学成分分析中得知,用它制造红水泥是一种很好的原料。用红泥制造红水泥有以下形式:

用红泥作水泥生料粘土成分中的重要来源,以湿法送入水泥窑,可直接煅烧成红水泥熟料。

将红泥碾成干态粉末,用红矿渣粉末作着色添加剂,以适当比例掺入白色硅酸盐水泥中混合成红水泥。

用白色或浅灰色的硅酸盐水泥,标准掺掺合经无机酸处理过的湿态红泥,充分搅拌成红水泥浆体直接用于装饰或将经无机酸处理过的红泥浆经干燥后碾碎成红颜料用以水泥混色。

利用红泥制造彩色水泥是综合利用各种矿物废料、使胶凝材料工业与化学、采矿、冶金等部门密切配合,对消除公害,减少环境污染具有现实意义。

## 2 红泥的特性

### 2.1 矿物组成

红泥的主要组成有  $Al(OH)_3$ 、 $Fe(OH)_3$ 、结晶氧化铁( $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ )、 $FeO$ 、 $Fe_3O_4$  和水化铝硅酸钠( $Na_2O \cdot nAl_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$ )等。这些矿物以水榴石 [ $3CaO(Al,Fe)_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ]、钙钛型 ( $CaO \cdot TiO_2$ )、磷灰石型 ( $3CaO \cdot P_2O_5 \cdot H_2O$ ) 以及含钛酸盐与盐酸盐的复合物等形式存在。

<sup>①</sup>本文1990年7月15日收到

## 2.2 化学成分

红泥的化学成分因产物、产地及制取方法不同而各有所异。表 2-1 列举了两种冶金工业副产品的大致成分，其中与硅酸盐水泥成分相同的倍半氧化物达 60~65%，矾土约占 20%，并含有金属氧化物和碱杂质如  $V_2O_5$ 、 $TiO_2$ 、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 、 $Na_2O$  等。这些杂质对红水泥熟料矿物在煅烧形成过程中有较大的影响。

表 1 红泥大致的化学成分(%)

| 来源      | 主要成分      |           |       |         | 杂质及烧失量  |          |          |         |           |         |          |
|---------|-----------|-----------|-------|---------|---------|----------|----------|---------|-----------|---------|----------|
|         | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $CaO$ | $TiO_2$ | $SiO_2$ | $P_2O_5$ | $V_2O_5$ | $Na_2O$ | $K_2O$    | $MgO$   | $IgLoss$ |
| 从矾土中提出  | 5~20      | 45~50     | 3~5   | 1~2     | 7.5~9.5 | 0        | 0        | 6~7     | 0.12~0.15 | 0.1~0.5 | 8~10     |
| 从矾土矿中提出 | 1~20      | 40~50     | 3~10  | 3~10    | 7~12    | 0.1~0.5  | 0.1~0.3  | 3~5     | 0         | 0       | 8~12     |

## 2.3 基本属性及特点

红泥的属性基本与粘土相同，但红泥的细磨度比粘土为大，经同等条件磨细的红泥，其颗粒级配中粒径小于 20mm 者占总数 90% 以上，而粘土约占 10~80%，且对石灰完全吸收的时间要比粘土短。

红泥比水泥厚料所用粘土具有更高的分散度。其分散性越好，相的分界面就越大。在结构中，若分散相表面的等压电位增大，分散相就不稳定。相分界面大的体系之所以不稳定，是由于颗粒借助于聚集作用，竭力减少其自由表面能的缘故。颗粒表面能的减少是因为离子或分子有选择性地附在面层上而减少了相同的强力。被颗粒表面吸附的阴离子如  $(OH)^-$  或  $Al(OH)_4^-$  等组成红泥矿物中铝酸钠水解形成的最密实的阴离子层。若红泥颗粒电导较弱，则含有大量结合水在内，其表面张力使水分子在很大距离内极化，并保存在水化壳的壳层内，而使整个体系稳定。红泥分散度较高时，能使其颗粒象粘土一样聚集成团块。随时间的延长，并形成具有一定机械强度（包括结构的塑性强度）和足够的空间结构，但其分界面是不稳定的。

## 用红泥为原料烧制彩色水泥

用红泥为原料与钙质、粘土和其它原料配制成水泥生料可在工业窑（炉）或化铁炉内煅烧成红色、褐红色、深褐色硅酸盐水泥。

### 3.1 配料

以往，对红泥的利用采取脱水干燥的方法，这需要许多时间、设备和费用，而使产品的成本增高。若采用湿润红泥直接制取生料，无需作任何处理，不仅节约开支，也达到利旧的目的。

用红泥配制生料应根据熟料矿物组成的特征，颗粒级配、红泥的结构力学性能，表面活性剂的影响等予以考虑。

考虑熟料矿物的组成特征,主要是综合热、KH、 $n$ 和 $P$ 对熟料形成的影响。一般 $n$ 值和 $P$ 值较低的熟料,KH值较大,且能获得质量较高的装饰水泥; $P$ 值较小时,熟料液相的粘度较小,则可改善煅烧窑内的工艺性能。由图3-1的综合热分析和X射线可知,用红泥制备的生料, $P$ 值较高,含 $C_4AF$ 量大,使生料某些性能得到改善。例如,降低煅烧和粉磨时的能量消耗,提高抗硫酸盐的侵蚀性能,减少放热量,使熟料能在较低温度下形成。根据实验资料可知,用红泥配制生料,率值范围一般应控制在下述范围: $0.60 < P < 0.70$ ;  $1.50 < n < 1.60$ ;  $0.65 < KH < 0.95$ 。若能将熟料控制在 $P=0.64$ , $n=1.55$ , $KH=0.75$ ,且 $C_4AF > 18\%$ 、 $C_3A < 2\%$ ,这种以 $C_2S$ 为主的红水泥装饰性能最佳。

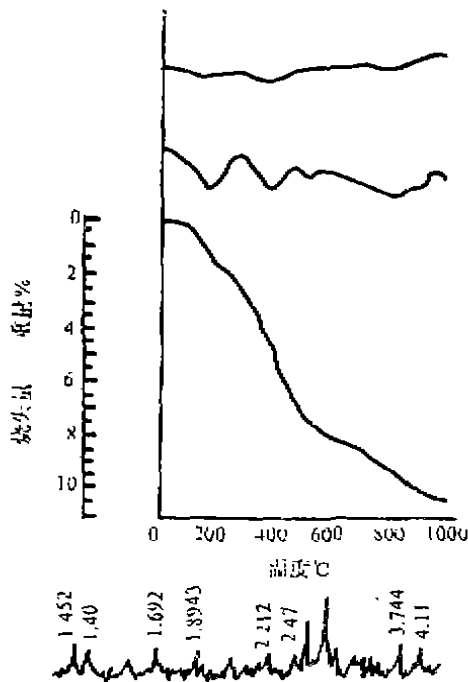


图1 对红泥的综合热分析及X射线图

用红泥制备的生料浆是一种多矿物相和多种散相,由于生料中各组分的性质和结构等决定了它与水形成具有一定物理力学性能和其它性质的悬浮体。这些石灰石—红泥—粘土生料浆是由各种成分的硬颗粒与不同厚度扩散层中的水化粗颗粒组成。此系统的稳定性由扩散层和性能决定,在结构均匀的料浆中,全部组分的红泥—粘土分散相都被吸附在较粗的颗粒上,使扩散层的厚度增大,致使料浆稳定。但高分散性红泥—粘土系统在很大程度上也降低了料浆的流动度。若增加用水量,会对回转窑运转不利,特别是使燃料用量增加,窑产量下降。因此,必须采取措施,保证生料浆的流动度。

红水泥的标准稠度一般为18~24%。为了将料浆的流动度控制在45~50%,配料时可采取如下措施:

- 1) 不能用红泥代替全部粘土原料,仅部分代替,且含量不得超过生料总量的15%。
- 2) 配料可采用蒸馏水拌和,需水量控制在生料总量的15~20%,并用工具研制成稠浆体、充分搅拌30min,直到形成均匀的悬浮体为止。
- 3) 掺入适当的表面活性剂改善料浆的流变性能。表面活性剂之所以起稀释作用是因为它吸附在能提高生料颗粒亲水性和增加水化薄膜厚度的分散相表面上,并导致料浆化和强度降低、减少结构粘度,使部分空间网络破坏,从而减少料浆的液相量,增加流动度。掺入少量的表面活性剂(控制在0.1~3.0%)后,尽管对料浆的强度有所降低,但含红泥生料浆凝聚结构的强度较高,对装饰水泥而言,此降低量不足为虑。此类药剂以有机溶剂为主,例如 $CaH_{29}COOH$ 或亚硫酸盐酒精废液等。其中前者的掺量不得超过生料总量的1%,后者应控制在0.10~0.15%。

### 3.2 煅烧

煅烧含红泥的生料浆应采用无灰燃料,且应加大回转窑尺寸。生料喂入窑内,经高温烧成熟料大致分以下几个主要阶段。

(1)排水 将生料料浆在窑内加热到 50℃ 后,即开始逐渐蒸发游离水,约 400℃ 时游离水分蒸发完毕,400~500℃ 粘土组成内的结合水开始排除,约 900℃,生料组分中的水分完全排除脱去。

(2)分解 因红泥中含高分子铁质,能助燃,窑内温度在 500~800℃,粘土质原料脱水后就分解出无定形  $Al_2O_3$  和  $SiO_2$ ,约 700℃ 时,方解石中的  $CaCO_3$  开始分解,约 800℃,已有 CaO 结块出现,约 900℃,  $CaCO_3$  分解结束,在此过程中,分解物开始重新组合成新的化合物,700~800℃,CaO 与着色金属氧化物  $Fe_2O_3$ 、 $V_2O_3$ 、 $Cr_2O_3$  等的络合物开始形成,例如,  $CaO-Fe_2O_3$ 、 $CaO-V_2O_3$  等系统逐渐出现,  $CA$ 、 $C_2F$  等生成,并出现  $C_2S$ 。800~900℃,  $C_{12}A_7$  开始形成,  $\gamma-C_2S$  开始转变为  $\beta-C_2S$ 。 $C_2S$  随温度升高而继续增多,  $C_2AS$  和  $C_4AF$  相开始形成,约 1100℃ 时,窑内有  $C_4AF$  形成,出现  $C_3S$ ,约 1200℃,  $C_2S$  达到最大值。

(3)液相的形成 1250~1300℃,物料开始熔融,并出现液相,  $C_2S$  开始吸收 CaO、 $V_2O_3$ 、 $Fe_2O_3$  等,  $C_3S$  量逐渐增加;约 1300℃,出现  $C_3A$ ,物料中的杂质,如 MgO 一部分以方镁石小晶体形式析出,另一部分以分散形式存在于液相中,约 1380℃,活性物料中已形成红色熟料中的所有矿物,此时,物料中出现  $C_3A$ ,  $\beta-C_2S$  存在于  $C_3A_3S$  中,一部分着色金属离子处于游离态,  $C_2S$  大量吸收 CaO、 $Fe^{3+}$ 、 $V^{5+}$ ,形成  $C_3S$  和带色熔融物或固溶体,此外,活性大的过渡金属离子  $Fe^{3+}$ 、 $V^{5+}$  等取代  $C_3S$  中的部分  $Ca^{2+}$ ,使硅酸盐晶体产生畸形或缺陷,在  $C_3S$  中形成“色心”,使熔融的液相色彩逐渐明显,带色液相继续溶解 CaO 和部分  $C_2S$ 。物料中,因着色离子  $Fe^{3+}$ 、 $V^{5+}$  取代了  $Ca^{2+}$  在硅酸盐的位置,形成络合物或被  $\beta-C_2S$  吸收形成固溶体,使 CaO 无法与  $C_2S$  反应,而  $C_3S$  量受到限制,此阶段在约 1450℃ 时完成。

(4)熟料的最后形成 1450~1650℃,进一步使熟料的形成反应趋于完善,且固溶体颜色加深或变浓,熟料矿和的晶体增大,改变着色金属离子的化合价态及络合物结构中的配位情况,使红色物料对可见光的漫反射系数变化,将反射光波控制在 650~750nm 范围,红色熟料形成后,视窑的具体情况,恒温(1450℃ 以上) 60~90min,以骤冷方式处理熟料,故此阶段又叫固色阶段。

(5)熟料的形成特点 在较低温下,含红泥生料较其它色调生料的  $CaCO_3$  分解程度要高,煅烧时,依靠固相反应使石灰强烈结合,到 1000℃,70~80% 的 CaO 已被结合;到 1200℃,90% 被结合,这是由于红泥的影响,使 CaO 的结合速度加快,但在出现液相后,此现象无显著加快,这就说明,水泥熟料在形成过程中,由于红泥的介入,使物料的反应活性增大,加速了固相反应,并能在较低温度下完成,有资料表明,含红泥生料煅烧时的单位耗煤量约为 1kg 熟料/1.50~1.54kg 煤,比相同的硅酸盐组分熟料产量可提高 0.5~1.0%,以  $C_2S$  为主的浅红色水泥烧成的最高温度为约 1400℃,深红色约为 1450℃;褐红色水泥为 1500~1650℃,经晶相分析,红色熟料矿物形成时,硅酸盐组分能很好地被结晶出来,除了与  $V^{5+}$ 、 $Fe^{3+}$  结合产生的少部分晶体为畸形或稍有缺陷外,大多数  $C_3S$ 、 $C_2S$  晶体均形成完好,此外, KH 值决定着熟料中硅酸盐的数量,在一定范围内, KH 值减少,  $C_3S$  量也减少,例如, KH=0.95,熟料矿物中  $C_3S$  量为 60%,

当  $KH=0.75$ ,  $C_3S$  量为 25%;  $C_2S$  值则相反,  $KH$  值减少, 其量增大, 例如  $KH=0.95$ ,  $C_2S$  在熟料矿物中的含量为 20%, 当  $KH=0.75$ ,  $C_2S$  量为 50%。在颗粒尺寸方面,  $KH=0.95$ ,  $C_3S$  的粒径为  $70\sim 100\mu m$ ,  $KH=0.95$ , 为  $200\mu m$  以下; 在碱含量较少的熟料中, 为  $20\sim 40\mu m$ 。总的来说,  $C_2S$  的颗粒尺寸比  $C_3S$  小, 熟料形成后,  $C_2S$  的平均粒径为  $15\sim 40\mu m$ 。红色熟料的中间相产物为深色半透明体, 其颜色由褐红到深褐。在  $C_4AF$  相中还可观察到单个多色棱柱形晶胚。

### 3.3 实例

用红泥为原料煅烧制取 525<sup>#</sup> 红水泥。本例采用的原料其化学成分如表 3-1, 各种配料组成如表 3。煅烧过程如本文 3.2。熟料的计算化学成分如表 4, 烧出的红水泥物理力学性能如表 5。

表 2 原料的化学成分(%)

| 原料名称 | 组 分   |                  |                                |                                |                  |                  |      |                               |                   |                               |                 | 总计    |      |        |
|------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|-------|------|--------|
|      | CaO   | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaF <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | MgO  | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Na <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>3</sub> |       | 灼失   | 其它     |
| 红 泥  | 10.08 | 11.17            | 18.16                          | 39.16                          |                  | 4.80             |      | 0.23                          | 6.5               | 0.24                          |                 | 9.45  | 0.26 | 100.00 |
| 方解石  | 55.8  | 0.82             | 0.25                           |                                |                  | 0                | 0.50 |                               |                   |                               |                 | 42.80 | 0.04 | 100.00 |
| 粘 土  | 71.12 | 60.50            | 12.70                          | 6.12                           |                  | 0.55             | 2.71 |                               |                   |                               | 0.88            | 9.38  | 0.04 | 100.00 |
| 黄 石  | 1.70  | 28.22            | 1.08                           | 0.09                           | 65.73            |                  |      |                               |                   |                               |                 |       |      | 100.00 |
| 砂    | 1.00  | 97.57            | 1.03                           |                                |                  |                  |      |                               |                   |                               |                 |       |      | 100.00 |

表 3 红水泥配料组成(重量%)

| 编 号 | 组 成 |    |    |      |     | 总 计 |
|-----|-----|----|----|------|-----|-----|
|     | 方解石 | 红泥 | 粘土 | 砂    | 萤石  |     |
| A   | 75  | 14 | 1  | 9    | 1   | 100 |
| B   | 72  | 13 | 2  | 11.5 | 0.5 | 100 |
| C   | 71  | 12 | 4  | 11.9 | 0.1 | 100 |

表 4 红水泥熟料的化学成分和率值

| 熟料编号 | SiO <sub>2</sub> | CaO | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | MgO  | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Na <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>3</sub> | C <sub>3</sub> S | C <sub>2</sub> S | C <sub>4</sub> AF | KH   | n    | p    |
|------|------------------|-----|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|------|------|------|
| A    | 20               | 60  | 5                              | 8                              | 0.9              | 2.7  | 0.94                          | 1.26              | 0.05                          | 0.61            | 62               | 10               | 23                | 0.95 | 1.56 | 0.65 |
| B    | 21               | 61  | 5.1                            | 8                              | 0.98             | 2.6  | 0.04                          | 2.3               | 0.05                          | 0.61            | 44               | 47               | 24                | 0.90 | 1.57 | 0.66 |
| C    | 22               | 58  | 5.5                            | 8.5                            | 2.10             | 2.55 | 0.24                          | 1.4               | 0.05                          | 0.60            | 21               | 48               | 26                | 0.75 | 1.60 | 0.65 |

表5 红水泥的物理力学性能

| 水泥<br>编号 | 比表面积<br>cm <sup>2</sup> /g | 90S筛<br>的筛余<br>量(%) | 标准<br>稠度<br>(%) | 石膏<br>含量<br>(%) | 凝结时间<br>(小时:分) |      | 抗压强度<br>(kPa) |     |     | 颜色 特征      |           |
|----------|----------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|----------------|------|---------------|-----|-----|------------|-----------|
|          |                            |                     |                 |                 | 初凝             | 终凝   | 3天            | 7天  | 28天 | 色彩<br>(nm) | 亮度<br>(%) |
| A        | 3510                       | 4                   | 19              | 5               | 0:55           | 1:45 | 276           | 451 | 605 | 685        | 28.5      |
| B        | 3550                       | 3                   | 20              | 7               | 1:00           | 2:10 | 237           | 513 | 614 | 675        | 33.7      |
| C        | 3600                       | 5                   | 21              | 5               | 1:15           | 2:50 | 301           | 518 | 621 | 720        | 38.1      |

#### 4 用红泥作颜料混合制造红水泥

用红泥为着色剂与白水泥或其它硅酸盐水泥混合制造红水泥主要分两个步骤。

##### 4.1 用红泥制造颜料的方法

利用工厂排出的废无机酸作为红泥浆的处理剂，将其调整到 pH < 4 后，对泥浆进行分解，再用碱土元素的羟化物，碳酸盐类中和，可简便廉价地制造出湿润状态的红色着色剂。

##### 4.1.1 酸处理

关键是控制 pH 值。如图 2，将泥浆与稀 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (实线)、稀 HCl (虚线)，经 15 个小时处理后，从酸的添加量与泥浆 pH 值的关系曲线上可

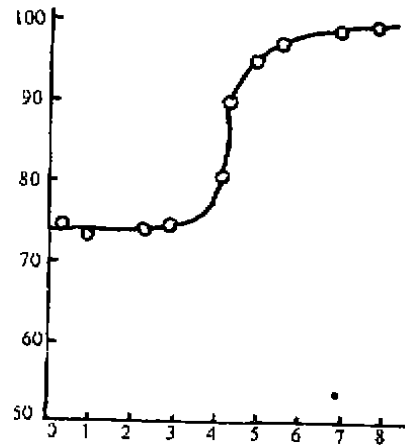


图2 无机酸与红泥 pH 值的关系曲线

3 < pH < 4 时为最佳状况，有资料进一步表明，知，3 < pH < 3.7 更为合宜。

##### 4.1.2 分解

在无机酸（例如稀 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、HCl、HNO<sub>3</sub>）的作用下，对红泥浆进行分解。其分解量的大小由 pH 值决定，从图 3 所示关系曲线可知，当 3 < pH < 4 时，红泥分解最为显著。若 pH 值减少，则分解速度减缓，当 pH → 0 时，几乎不分解。用酸处理时，应充分混合搅拌，一般应在 15min 左右完成。泥浆分解所需的酸量应换算成干燥后的重量。常用酸量如表 6。此外，采用废无机酸代替分解用酸，达到了废液利用的目的。

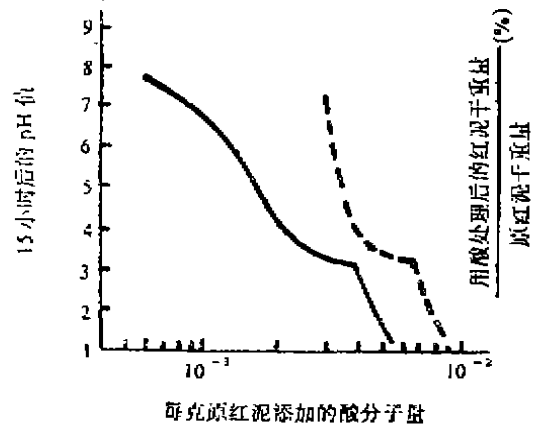


图3 红泥分解量与 pH 值的关系曲线

表6 处理红泥的用酸量(单位:kg)

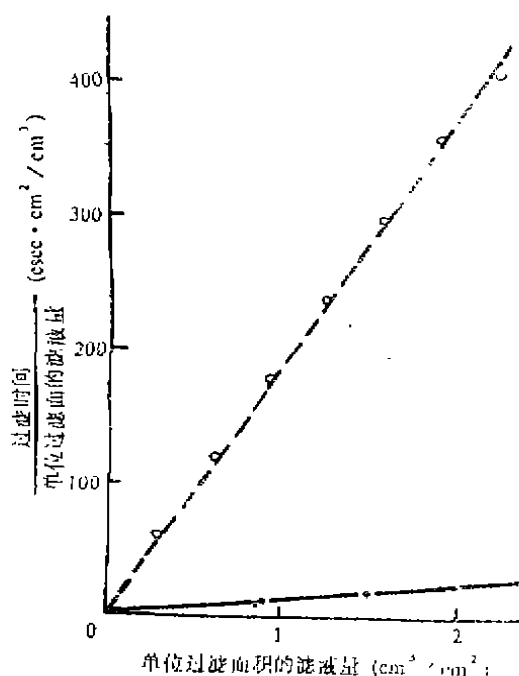
| 红泥浆量 | 100% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 100% Hce | 100% HNO <sub>3</sub> |
|------|-------------------------------------|----------|-----------------------|
| 1    | 0.24                                | 0.08     | 0.31                  |

4.1.3 中和处理

可分两步进行。第一步, 将被酸解了的泥浆用碱中和, 使  $7 < \text{pH} < 8$ 。中和用碱可用石灰石、石膏、熟石灰、生石灰、白云石、菱铁矿等, 其中最有效者是将石灰石粉末和熟石灰乳液并用。第二步, 用水洗掉中和处理后留在泥浆中的大量水溶性盐分。水洗可采用过滤法或滤水洗法等。最后, 用过滤饼沉淀的形式将湿润态的泥浆回收。用上述方法制造红颜料, 必须按用途调整粒径, 水洗前应设立分级工序。例如, 将要制作的颜料分为大于或小于  $75\mu\text{m}$  的等级。红泥浆被中和后, 与原来未处理的浆体相比, 其沉淀速度显著增大, 若用过滤水清洗, 滤饼层的单位阻力更显著下降, 作此种处理, 成本较低。

4.1.4 实例

取用  $1000\text{kg}$  红泥含量为  $15\%$  的泥浆, 加入浓度为  $2 (\text{mol}/\text{L})$  的稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 使  $\text{pH} = 3.5$ , 激烈搅拌  $3\text{min}$ , 经酸作用, 红泥部分被分解。将粒径小于  $74\mu\text{m}$  的石灰石粉末灰浆掺入经处理后的浆体中, 令  $\text{pH} = 5$ , 再加入熟石灰乳液, 使泥浆的  $\text{pH} = 7.5$ 。中和结束后, 用湿式振动筛过滤, 以  $74\mu\text{m}$  孔目的过滤筛分级, 将含  $74\mu\text{m}$  以下固体颗粒泥浆中的水溶性盐用水洗去。水洗时, 可用真空过滤将泥浆中的固体量以厚约  $12\mu\text{m}$  的滤饼形式回收。在过滤机上可将滤饼的水分用  $500\text{mm}$  汞标的真空泵吸出, 也可用自来水冲刷把水分带走。经处理后的红泥与原红泥浆的比较如图 4 曲线, 化学成分如表 7。将处理了



的红泥以  $105^\circ\text{C}$  温度干燥后粉磨成红色粉末即可做红颜料, 也可不经干燥直接掺入水泥搅拌成红水泥色浆。从图 4 可知, 用红泥制作的颜料水洗性能良好, 每  $1\text{cm}^2$  的红泥可通过  $2\text{cm}^3$  的水, 图中虚线为原红泥浆饼, 水洗需用  $370\text{s}$ 。实线为处理后的红泥浆饼仅需  $25\text{s}$ 。若改用浓度为  $2\text{mol}/\text{L}$  的稀  $\text{HCl}$  代替稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 效果相同。

表 7 红泥的化学成分比较

| 泥浆名称   | 成 分            |              |                         |                         |                |              |                       |                      |               |                 |                    |
|--------|----------------|--------------|-------------------------|-------------------------|----------------|--------------|-----------------------|----------------------|---------------|-----------------|--------------------|
|        | $\text{SiO}_2$ | $\text{CaO}$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{TiO}_2$ | $\text{MgO}$ | $\text{Na}_2\text{O}$ | $\text{K}_2\text{O}$ | $\text{SO}_3$ | $\text{CaCO}_3$ | $I_{\text{gLoss}}$ |
| 原红泥浆   | 7.52           | 3.81         | 19.19                   | 47.30                   | 8.32           | 0.32         | 4.32                  | 0.32                 |               |                 | 8.72               |
| 处理后红泥浆 | 2.73           |              | 17.07                   | 42.83                   | 7.37           |              |                       |                      | 13.05         | 9.10            | 9.02               |

#### 4.2 制作红水泥砂浆

将按本文处理后的红泥浆为颜料掺入325号白色或灰色硅酸盐水泥、砂等后用水拌合，经混练，可制成红色胶凝体作建筑装饰。拌合用水量为泥浆所含水量与胶凝体其部分需水量之和，也可为水泥粉末重量与换算成干红泥重量总和的65%。制作混色水泥时，若红泥与水泥相比，其份量较小，混合物的流动值即是红水泥浆的标准稠度值；若红泥掺入比例较大，混合物的流动值则减少。若红泥添加量达50%，水泥砂浆的流动度为20%。表8列出了掺入红泥0~100%的红水泥砂浆力学强度，从中可知，红泥掺量超过10%（增加），砂浆强度下降。在0~50%范围内，掺量增加对色度无多大影响，掺量在10~15%范围内，对红色胶凝体强度影响最小，故此为佳掺量范围。

表8 红泥不同掺量对水泥砂浆强度影响

| 红泥掺入量 (%) | 标准试块经28天养护后的抗压强度 (kPa) | 标准试块经28天养护后的抗折强度 (kPa) | 水泥砂浆掺入红泥后的比重 |
|-----------|------------------------|------------------------|--------------|
| 0         | 3969                   | 687                    | 2.11         |
| 10        | 4170                   | 715                    | 2.11         |
| 20        | 3822                   | 649                    | 2.08         |
| 30        | 3802                   | 623                    | 2.09         |
| 40        | 2989                   | 594                    | 2.03         |
| 50        | 2793                   | 574                    | 1.99         |
| 60        | 2705                   | 559                    | 2.02         |
| 70        | 2940                   | 540                    | 2.03         |
| 80        | 2558                   | 545                    | 1.98         |
| 90        | 2303                   | 483                    | 1.92         |
| 100       | 2381                   | 400                    | 1.94         |

#### 4.3 红矿渣作红泥着色添加剂的影响

红矿渣是赤铁矿中次要组分、夹杂物和焦炭煅烧后的残渣，由冶炼赤铁矿石时，除生铁外留在炉内的一种1350~1550℃高粘度岩质熔体形成。其主要成分与红泥基本相同有 $Fe_2O_3$ 、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、CaO和 $Na_2O$ 等。红矿渣熔体内含有很高的热能，其玻璃结晶状很不规则，并含有潜在的水硬性。若结晶组成作为亚微观晶核均匀分布在玻璃质矿渣内，掺入含红泥的生料内煅烧掺量控制在3~5%，除使红水泥提高力学强度外，在煅烧中还能激发水泥物料的其他物理化学活性。例如，使其中 $C_2S$ 固溶体内的玻璃质增多，透射光、折射光能力增强，耐光能力增大。使红水泥熟料色泽鲜艳，耐硫酸盐腐蚀能力更强。

红矿渣均化后是一种具有高分散的褐红色粉末材料，其矿物结构中，变体 $\beta-C_2S$ 和 $\gamma-C_2S$ 含量较高，当 $\beta-C_2S$ 多晶转变为 $\gamma-C_2S$ 变体时，伴随体积增加而分散度增大。 $C_2S$ 在红矿渣中呈不规则形状的红色或褐灰色晶体，并在不同方向具有带影线的矿物连生晶体， $C_2S$ 和 $Fe_2O_3$ 固溶体形成导致 $C_2S$ 着色。根据光谱吸收曲线证实八面体络合物中的3价铁为红矿渣的生色团。综上所述，将红矿渣以占水泥总重0.5~1.5%掺入作处理后全红泥的着色添加剂可弥补红水泥强度下降的不足，并增加了色调的明度和亮度，如表9所示。

## 5 结束语

用红泥、红矿渣作红色硅酸盐水泥的着色原料，对水泥生料浆具有良好的作用，与不



掺用者相比,可降低料浆水分。它们在回转窑内煅烧时具有较高的反应能力,特别是在固相反应的温度范围内,矿物完全形成熟料要比普通硅酸盐水泥熟料形成温度低约 100℃,由红泥组分产生微量碱份,对熟料组成无不良影响。用红泥、红矿渣作水泥着色剂,后者作前者的添加剂使制得的红水泥具有较高的强度和一系列特殊性能。例如,耐硫酸盐腐蚀性、耐光性均有增加。红泥、红矿渣是工业废液和废渣,将它们综合利用于彩色水泥生产发展前途很大,且对环境保护具有现实意义。

表9 红矿渣作红泥着色剂对 325 号水泥强度的影响

| 红泥掺量(%) | 红矿渣掺量(%) | 抗折强度(kPa) |     | 抗压强度(kPa) |      | 颜色特征   |       |
|---------|----------|-----------|-----|-----------|------|--------|-------|
|         |          | 7d        | 28d | 7d        | 28d  | 色调(nm) | 亮度(%) |
| 10      | 0        | 539       | 701 | 2705      | 4214 | 670    | 32.5  |
|         | 0.5      | 706       | 735 | 3107      | 4714 | 685    | 48.7  |
|         | 1.5      | 617       | 716 | 3224      | 4586 | 685    | 49.5  |
| 15      | 0        | 500       | 696 | 3009      | 4537 | 710    | 16.8  |
|         | 0.5      | 647       | 764 | 3469      | 4626 | 710    | 21.3  |
|         | 1.5      | 657       | 784 | 3577      | 4606 | 715    | 22.6  |

## 参 考 文 献

- 1 日本国专利资料: 特许公告 (B<sub>2</sub>) 昭和 55-41707 .
- 2 苏联专利资料: NO.539004.
- 3 苏联 А.А.Пашенко: <<НОВЫЕ ЦЕМЕНТЫ>>—Под Редакцией Чл—КОРР. АН УССР. КИЕВ“Будвельник” 1978
- 4 Ferrarif-----《Cemento》1966.NO.63
- 5 刘万植, 江义华:《彩色水泥的配色与控制》全国建材工业水泥专业情报信息网、国家建材局技术情报研究所主办“水泥情报”1990年 NO.4 期 2 页
- 6 刘万植, 江义华:《红矿渣作水泥着色剂的研究》,“新型建筑材料”1990年 NO.7 期

(编辑: 姚因安)

---

STUDY ON PRODUCING A RED CEMENT WITH RED CLAY  
AS A RAW MATERIAL

*Liu Wanzhen      Jiang Yihua*  
(Chongqing Architecture School)

**ABSTRACT** This paper studies the production of a red cement with red clay as a raw material. It is produced by a direct calcine method using red clay as a coloring agent and red slag as an additive agent, then mixing it with white cement.

**KEY WORDS** structure of space frame, frequency calculation, computer internal storage