

新型水泥

[苏] A.A.巴申科 著

钱清扬 译

中国建筑工业出版社

81.59
139

新 型 水 泥

[苏] A·A·巴申科 著

钱清扬 译

中国建筑工业出版社

本书介绍了苏联研究人员利用玄武岩、珍珠岩等天然原料以及赤泥、铬铁渣等工业废料，生产硅酸盐水泥以及其他水泥的工艺方法、原理及产品的主要性能。对开辟水泥原料的来源，扩大资源的利用，发展水泥品种，改进水泥性能等方面，具有较高的参考价值。可供从事水泥科研、生产、教学工作的技术人员阅读，也可供与水泥有关的地质、冶金、化工等部门的技术人员参考。

НОВЫЕ ЦЕМЕНТЫ

Под редакцией
чл.-корр. АН УССР

А. А. Пащенко

КИЕВ «БУДІВЕЛЬНИК» 1978

* * *

新 型 水 泥

钱 清 扬 译

*

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷（北京阜外南礼士路）

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：7 字数：188千字

1983年6月第一版 1983年6月第一次印刷

印数：1—10,900册 定价：0.90元

统一书号：15040·4460

前 言

迅速增加产量，提高产品质量，组织生产新的、高效能的水泥品种，采用大型的和现代化的设备，实行生产集中，广泛利用其它工业部门的副产品和废料，大规模地掌握特种水泥的生产等，是第十个五年计划期间建筑材料工业所面临的迫切任务。

本书主要讨论利用大量工业废料，如磷石膏、赤泥、铬铁渣等，生产新型胶凝材料及其应用的问题。由于赤泥具有细分散结构(90%的颗粒， $r < 10$ 微米)，所以不需要预先粉磨，而且在有氧化铝和氧化铁的情况下，赤泥也可作复合外加剂用，这一点对那些原料中氧化铝含量较低的工厂来说具有更大的意义。当生产彩色水泥时，利用铬铁渣可以扩大其原料基地，简化工艺过程，全部替代生色团、粘土组分和一部分碳酸盐组分，这就可以提高水泥的质量，降低熟料的煅烧温度($\approx 1390^{\circ}\text{C}$)。

与此同时，书中第一次对用最常见的火山岩——玄武岩生产的水泥作了介绍。利用玄武岩作为波特兰水泥生料的组分，可以保证形成易熔的低熔混合物，这种低熔混合物可以提高生料的反应能力，并可促进熟料在 $1350\sim 1400^{\circ}\text{C}$ 温度范围内，完成其形成过程。在波特兰水泥生料中采用高氧化铁(15%)的粒状玄武岩(颗粒尺寸为30毫米以下)，在保持水泥高强度(500号)的条件下，可使窑内形成窑皮的熟料温度降低 50°C 。

书中还指出，应用硅酸盐现代物理化学成就和采用工业副产品的先进工艺方法，可以制得目前需要用稀缺原料来制取的优质材料。

书中叙述了用玄武岩和珍珠岩原料制成的水泥性能及其应用范围。这些胶凝材料具有一系列宝贵的特性(硬化时放热量小，

耐硫酸盐性，等等），而且与通常采用的工艺相比，生产时所消耗的能量也较少。

对特种水泥给予很大注意。

书中还介绍了磷酸盐水泥和新型膨胀水泥的性能。磷酸铝水泥可以有效地用于冶金工业企业，或建筑材料工业中作为热力设备的衬料。而且用磷酸铝做的耐火衬料的使用寿命要比传统的砌筑砂浆和耐火材料长4倍左右。

当膨胀水泥的成本降低时，它也适用于生产结构用的材料。

本书由下列作者编写：

第一章“以赤泥为主要原料的水泥”由Г·М·巴克拉诺维，Е·А·缅斯尼科娃雅，Е·А·斯塔尔契夫斯卡雅编写；第二章“以玄武岩为主要原料的水泥”由А·А·巴申科，Г·М·巴克拉诺维，В·П·谢尔比内，А·Г·雷休克，Н·В·卢卡舍维奇编写；第三章“以铬铁渣为主要原料的彩色水泥和颜料”由А·А·巴申科，Е·А·斯塔尔契夫斯卡雅，Л·Е·库希编写；第四章“磷酸铝水泥”由А·А·巴申科，В·П·谢尔比内，А·П·帕斯拉夫斯卡雅编写；第五章“掺有石膏-石灰熔融物的膨胀水泥”由А·А·巴申科，В·Я·克卢格利茨卡雅编写；第六章“含硫水泥”由А·А·巴申科，Е·А·斯塔尔契夫斯卡雅，Л·Г·卡利塔雅编写；第七章“高硅质珍珠岩水泥”由А·С·勃罗德科，О·П·舍斯塔科娃雅编写。

目 录

前 言

I. 以赤泥为主要原料的水泥	(1)
一、波特兰水泥生产原料用的赤泥特性	(1)
二、赤泥对水泥生料性能的影响	(5)
三、含赤泥的生料、熟料形成过程的特点	(12)
四、用赤泥为原料生产的水泥性能	(18)
参考文献	(32)
II. 以玄武岩为主要原料的水泥	(34)
一、生产波特兰水泥用的原料及其特性	(34)
二、玄武岩及以其为基料的生料的粉磨动力学。表面活性物 (ПAB) 对生料粉磨过程的影响	(38)
三、玄武岩-石灰石生料的反应能力	(43)
1. 熟料的相组成	(55)
2. 碱在熟料相中的分布	(58)
3. 按ГОСТ310-60对波特兰水泥进行的物理-力学试验	(61)
四、利用玄武岩作为校正掺料	(62)
五、以玄武岩为主要原料的水泥性能	(64)
1. 南方水泥工业设计院水泥厂生产的水泥的物理-力学性能 ...	(64)
2. 水泥的水化特点	(68)
3. 水泥的抗硫酸盐性	(76)
4. 水泥水化时的放热	(77)
5. 水泥的抗冻性	(78)
6. 收缩和膨胀变形	(79)
7. 按ГОСТ1581-63对水泥进行试验	(82)
六、兹多尔布诺夫石棉水泥瓦联合企业批量生产的水泥	(83)
七、生产波特兰水泥时, 采用玄武岩作原料组分的预期经济效果	(85)

参考文献	(87)
III. 以铬铁渣为主要原料的彩色水泥和颜料	(88)
一、铬铁渣——铁合金生产的废料	(89)
二、氧化铬对硅酸二钙合成和性能的影响	(96)
三、以铬铁渣为主要原料的绿色水泥	(99)
1. 熟料的组成和制取方法的选择	(99)
2. 以铬铁渣为主的水泥生料的熟料形成特点	(103)
3. 某些外加剂对以铬铁渣为主要原料的绿色水泥性能和熟料形成过程的影响	(111)
4. 对掺矿化剂的绿色水泥熟料形成过程的研究	(112)
5. 掺外加剂水泥的物理-力学性能	(118)
6. 绿色水泥的颜色稳定性	(118)
7. 南方水泥工业设计院哈尔科夫水泥试验厂生产的以铬铁渣为主要原料的绿色水泥的特性	(122)
8. 用铬铁渣生产绿色水泥的经济效果	(123)
四、以铬铁渣为主要原料的颜 料	(123)
1. 以铬铁渣为主要原料的颜料成分及其工艺制度的选择	(123)
2. 颜料热处理时所产生的过程	(125)
3. 颜料的主要性能	(129)
4. 以铬铁渣为主要原料的颜料成本及可能的使用范围	(131)
5. 以铬铁渣为主要原料的颜料的工业性试验结果	(131)
参考文献	(132)
IV. 磷酸 铝水泥	(133)
一、磷酸铝	(133)
二、两种磷酸铝胶结料	(135)
三、生产磷酸铝水泥用的原料	(136)
四、磷酸铝水泥的硬化和温度变化	(138)
1. 以三水铝矿为主的磷酸铝水泥	(139)
2. 以 γ -氧化铝为主的磷酸铝水泥	(141)
3. 以 α -氧化铝为主的磷酸铝水泥	(145)
五、磷酸铝胶结料的结构形成	(153)
六、氧化铝变体对 磷酸铝水泥物理-力学性能的影响	(158)
七、以 α -氧化铝为主的 磷酸铝水泥的物理-力学性能与 工艺参数	

的关系	(163)
八、磷酸铝水泥的应用	(169)
参考文献	(170)
V. 掺有石膏-石灰熔融物的膨胀水泥	(171)
一、以矾土水泥和石膏-石灰熔融物为主要原料的膨胀水泥.....	(173)
二、以波特兰水泥和膨胀剂为主的膨胀水泥	(176)
参考文献	(179)
VI. 含硫水泥	(180)
一、概述	(180)
二、水泥的物理-力学性能	(182)
三、含硫配料的熟料形成过程	(187)
四、含硫熟料的水化	(194)
五、硫铝酸盐-硫硅酸盐水泥的生产及其可能的应用范围	(197)
参考文献	(201)
VII. 高硅质珍珠岩水泥	(203)
一、原料的特性和研究方法	(204)
二、以白垩和珍珠岩为主配料的烧结	(207)
三、掺有矿化剂的生料的煅烧	(210)
四、快速分阶段-断续煅烧制度	(214)
参考文献	(216)

I. 以赤泥为主要原料的水泥

一、波特兰水泥生产原料用的赤泥特性

由铝土矿制取矾土时得到一种副产品（废料），即所谓赤泥，这种赤泥具有一系列宝贵的性能（固定的化学成分、含大量倍半氧化物、非常细的分散度）。因此，作者们对用它作为水泥生料组分的可能性进行了研究。

（1）化学成分 根据德聂波罗铝厂矾土车间实验室的资料，赤泥中氧化物的含量在下述范围内变化（重量%）： $\text{SiO}_2=9.5\sim 11.1$ ； $\text{TiO}_2=4.4\sim 5.6$ ； $\text{Al}_2\text{O}_3=17.0\sim 19.0$ ； $\text{Fe}_2\text{O}_3=39.0\sim 43.0$ ； $\text{CaO}=7.6\sim 9.5$ ； $\text{Na}_2\text{O}=6.2\sim 6.9$ ； $\text{P}_2\text{O}_5=0.2\sim 0.3$ ； $\text{V}_2\text{O}_5=0.2\sim 0.25$ ；烧失量 $=7.9\sim 10.5$ 。

倍半氧化物总含量达到62%，其中矾土占20%左右。这样，生产水泥时就可以用赤泥作为复合外加剂。由所列数据可以看出，利用一个产地的铝土矿时，赤泥的化学成分波动不大。这有利于与生产波特兰水泥时所采用的其它材料相区别。例如，粘土和黄铁矿渣，其主要组分含量的误差达30%，个别情况下，达到50%[1]；赤泥组成的最大波动不超过10%。

作为波特兰水泥生料组分的赤泥的特点，是其中存在一定量的金属氧化物杂质（氧化钛、氧化磷、氧化钒）和碱，这些杂质对熟料矿物形成过程有一定的影响。

（2）矿物组成 众所周知，不仅原料的化学成分，而且原料的矿物组成对熟料的煅烧过程也有重大的影响。用综合热分析和X射线相分析法对后者进行的研究（图I-1）。表明，赤泥中存在氢氧化铝——水辉银矿（гидроаргиллит）（375°C和500°C

温度时出现吸热效应)、氢氧化铁(375℃时出现吸热效应, 270、485 和 550℃时出现放热效应)、结晶氧化铁——赤铁矿(最大衍射值2.696; 2.513; 1.843; 1.692; 1.452Å)、氧化亚铁——富氏体(2.21Å)、磁铁矿(1.49Å),以及水化铝硅酸钠 $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (2.3 \sim 2.5) \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (820℃时出现放热效应, 最大衍射值 3.74 和 4.11 Å)。

赤泥中存在通式为 $3\text{CaO}(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 的水石榴石[2]、钙钛矿型含钛化合物 $\text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$ 、磷灰石型含磷化合物 $3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 以及含钛酸盐和硅酸盐的复合化合物是十分可能的。由于其成分复杂和量少, 所以用实验来测定是有困难的。

根据化学分析资料, 对每个温度间隔内, 试样失重曲线的分析, 可以得出含赤泥化合物的相对含量。赤泥中氢氧化铝和氢氧化铁含量分别为15%和 5 % (按重量计)。部分氧化铁结合于通式为 $3\text{CaO}(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 的水石榴石中, 按氧化钙含量计算, 其量为25~27%。赤泥中有30%左右的无水结晶氧化铁和10%

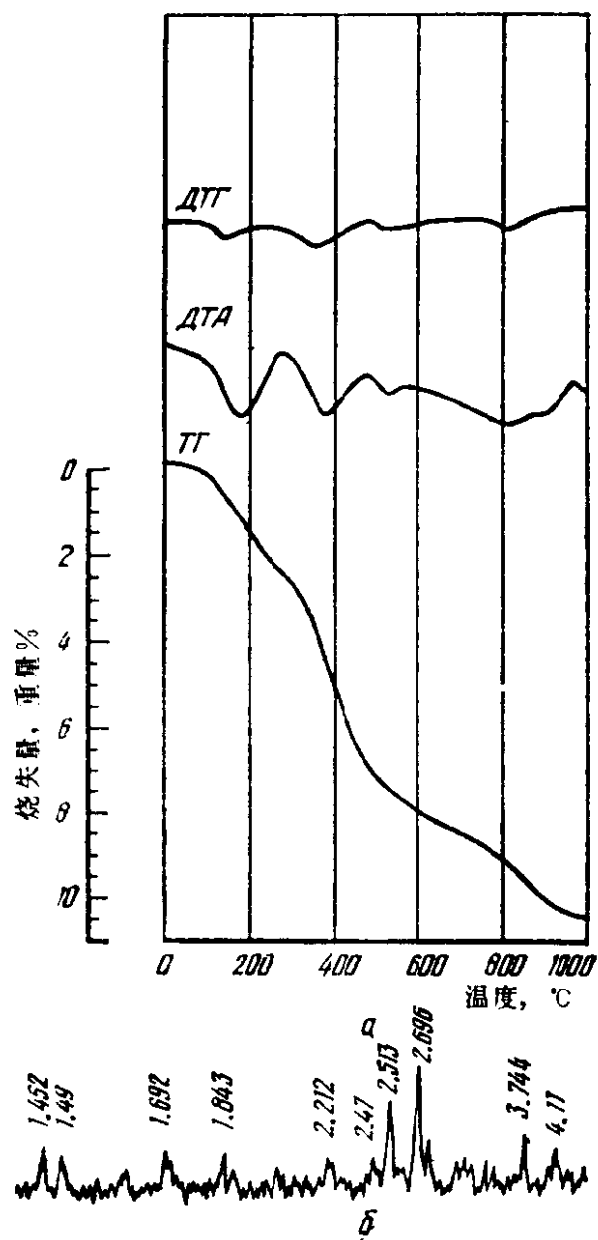


图 I-1 赤泥的综合热分析
图 (a) 和 X 射线图 (b)

左右的水化铝硅酸钠。上述化合物的总和为试样总重的85%以上。其余为少量的或成分非常复杂的物质。因此, 赤泥的矿物组成与水泥工业所采用的粘土材料的矿物组成有很大的区别。

众所周知，原料的铝硅酸盐组成中，粘土和类似粘土矿物的晶格结构及其耐热强度，对水泥生料煅烧时，形成矿物组成的反应速度具有重大影响。粘土矿物在较低温度下吸收游离石灰的反应，是由较高温度下化合物分解为游离氧化物的速度来确定的。

原料的铝硅酸盐矿物的脱水反应、晶格的破坏、物质的非晶形化、新相的再结晶和生成都取决于矿物的品种，其温度范围较大，为 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 到 1150°C 。此时可观察到氢氧化物在最低的温度下分解。假如粘土矿物的脱水反应在 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 时开始[3]，则赤泥的这一过程在 360°C 时就以最快的速度进行。粘土组成中的粘土质组分的结晶结构在大于 800°C 时完全破坏，而当赤泥加热时，有反应能力的氧化物在氢氧化物分解时，即 500°C 左右时就已出现。

此外，赤泥中含有氧化铁和碱，它们形成各种含氧化钙的中间化合物。在温度继续提高的情况下，这些化合物进行分解，并重新出现游离石灰，但是过早地（大量）形成液相，基本上保证了氧化钙的强烈吸收。

还应该指出，赤泥中缺乏高温下分解缓慢（长石、绿泥石）或反应能力较低（石英或玉髓类游离氧化硅）的化合物。而天然粘土中所含的类似化合物，就能够减慢与石灰化合的过程。

赤泥的化学成分和矿物组成的特点证实，用它作为水泥生料的原料组分可以降低固相反应的温度、加快整个原料的反应速度和提高其反应能力。

（3）颗粒级配 确定水泥原料质量最重要因素之一是各组分磨细程度。例如，粘土的分散度由 $20\text{米}^2/\text{克}$ 改为 $300\text{米}^2/\text{克}$ ，这样石灰完全吸收的时间可减少 $3\sim 15\%$ [4]。

沉降分析资料表明，赤泥中，半径小于10微米的颗粒数量超过90%。高岭粘土中，半径在10微米以下的颗粒占总量的60%左右[5]。蒙脱粘土中，半径在10微米以下的颗粒占总数的80%左右[6]，即赤泥比水泥工业所用的粘土具有较高的分散度。

(4) 赤泥的结构-力学性能 分散度越大，也就是相的分界面越大，分散相的表面等压电位也越大，分散相就越不稳定。相分界面大的体系不稳定是由于颗粒借助于聚集作用竭力减小自由表面能的缘故。但是如果表面等压电位（表面能）减小是离子或分子选择地吸附在颗粒表面上而减小相间张力，则热力学不稳定系统成为动力学足够稳定系统。上述情况对赤泥-水系统是正确的。赤泥颗粒表面吸附有离子 OH^- 或 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ ，这些离子

是赤泥中铝酸钠组分水解而形成的[7]。这一阴离子层最密实。双电层的正覆盖层由结合的钠阳离子组成。双电层较宽——并含有大量结合水，这些结合水在钠离子的水化物覆盖层内。固体颗粒的表面力使水分子在很大距离内极化，并将它们保存在水化物覆盖层内，水化物覆盖层还能使体系稳定。赤泥沉降性不好的另一个原因是铝硅酸钠的凝聚作用不好[8]。

另一方面，赤泥颗粒的分散度高使它聚集成团块，这些团块是不稳定的。随着时间的延长，这些因素的影响是一定的，所以不管铝酸钠和铝硅酸钠的上述稳定作用，单个颗粒沉降后，仍聚集成团块，随着时间的延长，形成具有一定机械强度（结构的塑性强度）和足够均匀的空间结构。

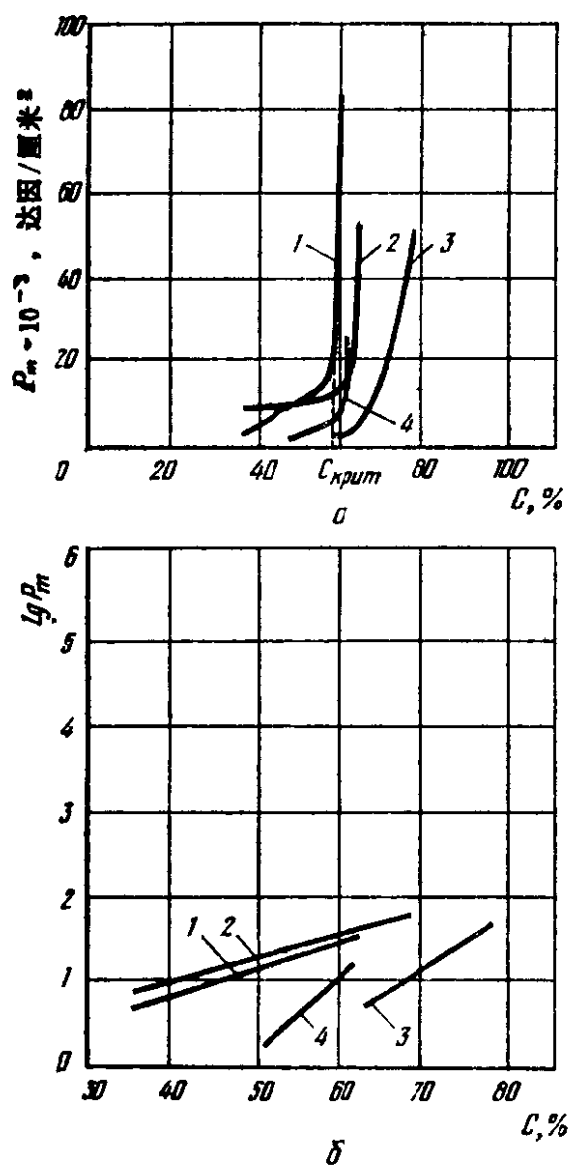


图 1-2 $P_m(a)$ 和 $\lg P_m(b)$ 与赤泥(1)、蒙脱土质粘土(2)和高岭土质粘土(3、4)悬浮体浓度的关系

确定结构塑性强度的值是极限剪应力 P_m 。悬浮体的塑性强度值用圆锥形塑性计在分散相较大浓度范围内 (c) 测定。

示于图 I.2a 的测量结果表明, $P_m=f(c)$ 是曲线关系, 它由与浓度轴成不同倾角的两个线段组成。当 $C < C_{KP}$ 时, $P_m=f(c)$ 曲线段上, 极限剪应力值, 随着悬浮体浓度的提高变化不大, 就是说在所研究的系统中形成凝聚结构。当 $C=C_{KP}$ 时, 过程结束, 这可由曲线上的拐点反映出来。分散相的浓度继续提高, 导致极限剪应力急剧增长。这证实由于所形成的结构成分充填了凝聚网格空间, 使系统大大加强。

表明塑性强度的浓度范围, 赤泥比粘土低些 (图 I-2a)。假如 $P_m=f(c)$ 是直线关系 (系统中坐标 $\lg P_m=f(c)$) [9], 则所获得的直线族将以直线与浓度轴所形成的倾角来说明每种材料的塑性 (图 I.2b)。赤泥的塑性大大高于高岭土质粘土浆的塑性, 实际上与分散度较高的蒙脱土质粘土相同。

上述原因保证赤泥悬浮体在较大比重情况下具有足够的稳定性; 这有利于与霞石浆区别, 霞石浆具有较大比重和较小分散度, 所以很快沉降。

这样, 对赤泥及其悬浮体物理-化学性能的研究表明, 生产波特兰水泥时, 赤泥可作为原料组分使用。

二、赤泥对水泥生料性能的影响

(1) 试验用熟料的组成特征 现代水泥熟料的生产中降低熟料的硅率 (n) 和铝率 (P) 的同时, 有提高饱和系数 (KH) 的趋势。

如果提高饱和系数能获得高质量的水泥, 则降低熟料的铝率, 就会降低熟料液相的粘度, 从而可以改善煅烧物料的工艺性能 [11、12、13]。

当铁铝酸钙含量较高时, 水泥性能可得到改善: 降低煅烧和粉磨时的能量消耗, 提高抗硫酸盐侵蚀性能, 减少放热量。应该

指出，加大现代化回转窑的直径和采用无灰的燃料，可以消除低率值的生料，煅烧时出现的结圈和结大块所造成的困难[10]。

考虑到，根据现有资料[14、15]，倍半氧化物的克分子比等于1的水泥对工业生产具有特别宝贵的性能，而选用铝率值 $P=0.64$ 就能得到上述的克分子比。

采取 $P=0.64$ ，配料中赤泥含量可增加到14%（重量），而制取普通成分水泥时其含量仅为3~4%（重量），这样就提高了赤泥的利用率。

研究时采用了两组配料：第Ⅰ组配料中采用赤泥作原料组分；第Ⅱ组配料（对比用），采用具有相同特性的常用原料。每组配料中研究了四种不同饱和系数的配料。

配料按给定的 KH 值和铝率值，用通常所采用的方法计算。结果表明，在给定的 KH 值和 P 值条件下，第Ⅱ组配料的硅率 n 不大，约为1.55~1.60。在一般情况下， $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3\leq 1.5$ 的水泥具有快凝的特点，它不能用石膏来调节，因为其中铝酸三钙含量高，所以不使用这种水泥。但是在我们的研究中，倍半氧化物大部分是氧化铁，它可使凝结过程有某些减缓，因为铁铝酸钙水化比铝酸三钙慢得多。此外，莫斯科门捷列夫化工学院指出了生产贝利特铁铝酸盐水泥的可能性和合理性。当铝率为0.64时，硅率只有0.65。硅率值较低是允许的。

为了使研究的配料组成（第Ⅰ组）和对比的配料组成（第Ⅱ组）尽可能接近，根据一定的 KH 值、硅率和铝率，对含赤泥的配料进行了计算。所用物料的化学成分列于表 I-1。配料组成列于表 I-2。熟料中主要氧化物的计算含量列于表 I-3。表 I-3 还列出了熟料的特性及其计算的矿物组成（根据B·A·金德算法）。

所研究的各种组成的熟料属于铁铝酸盐类，因为其中铁铝酸四钙的含量超过18%，而铝酸三钙含量少于2%[1]。根据饱和系数值，熟料可分为以下几种类型： $KH=0.95$ 的熟料属于高阿利特型（其中硅酸三钙含量超过60%）； $KH=0.90$ 的熟料属于阿利特型（其中硅酸三钙含量超过50%）； $KH=0.80$ 的熟料属于

表 I-1

原 料	氧 化 物 含 量 (重量%)											
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	P ₂ O ₅	V ₂ O ₅	烧失量	合 计
石灰石	0.53	—	0.94	0.04	51.53	2.29	0.52	—	—	—	44.14	100.00
粘土	60.50	0.55	12.70	6.12	7.12	2.71	0.88	—	—	—	9.38	99.96
赤 泥	11.17	4.80	18.16	39.10	10.08	—	—	6.52	0.24	0.23	9.44	99.74
黄铁矿渣	13.51	—	1.08	73.52	2.42	0.54	4.00	—	—	—	5.20	100.27
砂	97.57	—	1.03	—	1.00	—	—	—	—	—	0.40	100.00

表 I-2

原 料	第 I 和 第 II 组 配 料 组 成							
	I				II			
	1	2	3	4	1	2	3	4
石 灰 石	76.07	75.23	74.40	72.15	75.77	74.95	74.00	71.88
赤 泥	12.59	12.86	13.07	13.97	—	—	—	—
粘 土	0.36	0.73	1.13	2.02	19.07	19.77	20.60	22.40
黄铁矿渣	—	—	—	—	5.16	5.27	5.40	5.72
砂	10.97	11.18	11.40	11.86	—	—	—	—

熟料的计算化学成分和率值

表 I-3

组	氧 化 物 含 量 (重量%)										率 值			熟料矿物含量 ^① (%)				
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	P ₂ O ₅	V ₂ O ₅	共计	KH	n	P	C ₃ S	C ₂ S	C ₄ AF	
成																		
第 I 组 配 料	1	19.57	0.92	4.87	7.63	62.37	2.69	0.61	1.26	0.05	0.04	100.01	0.94	1.57	0.64	61.55	9.70	23.20
	2	20.15	0.96	4.98	7.80	61.45	2.66	0.63	1.28	0.05	0.04	100.00	0.90	1.58	0.64	52.40	18.20	23.70
	3	20.77	0.97	5.07	7.93	60.64	2.63	0.61	1.29	0.05	0.04	100.00	0.85	1.60	0.64	43.60	26.60	24.10
	4	22.14	2.07	5.41	8.43	58.39	2.55	0.60	1.37	0.05	0.04	100.00	0.75	1.60	0.64	21.10	47.60	25.60
第 II 组 配 料	1	19.61	0.16	4.94	7.74	62.84	3.50	1.19	—	—	—	99.98	0.95	1.55	0.64	62.50	11.70	23.50
	2	20.19	0.16	5.05	7.89	62.02	3.49	1.20	—	—	—	100.00	0.90	1.56	0.64	53.80	17.30	24.00
	3	20.86	0.17	5.19	8.08	61.02	3.50	1.21	—	—	—	100.03	0.85	1.57	0.64	43.50	27.00	24.60
	4	22.31	0.18	5.43	8.50	58.85	3.48	1.22	—	—	—	99.97	0.75	1.60	0.64	21.40	47.80	25.80

① 根据计算资料、不含C₃A和C₂F熟料矿物。

阿利特贝利特型， $KH=0.75$ 的熟料属于贝利特型（其中硅酸二钙超过35%）。

（2）水泥生料浆的性能 水泥生料浆是一种多矿物相和分散相，它与水形成具有一定的物理-力学性能和其它性能的悬浮体，这些性能在很大程度上取决于组分的性质和结构。在一般情况下，石灰石-粘土生料浆[4]是由硬核（石英颗粒、石灰石或粘土颗粒）和不同厚度的扩散层组成的水化粗颗粒的总和。

系统的稳定性由扩散层厚度和性能确定。结构均匀的料浆中，全部细分散粘土相都被吸附在较粗的颗粒上，使扩散层的厚度大大增加，因而使系统稳定。

例如，在矿渣生料浆或霞石生料浆中，由于缺乏细分散的粘土组分，所以最后导致分层和产生沉淀。

另一方面，具有高分散性的粘土颗粒（特别是胶体状分散程度）在很大程度上会降低悬浮体的流动度，其中也包括水泥生料浆的流动度。

增加用水量（保证料浆沿倾斜度为 $2\sim 4^\circ$ 的溜槽流动）对设备运转不利，使燃料用量增加和窑的产量下降。所以降低水泥生料浆的水分是水泥生产的重要问题之一。由于上述原因，确定赤泥（作为高分散组分）对水泥生料浆悬浮体流变性能的影响和研究用表面活性物调节这些性能的可能性是有意义的。

（3）水泥生料浆的流变性能 采用第I组配料1号组成的悬浮体作为研究对象（表I-2），其 KH 值为0.95。制备水泥生料悬浮体时，配料用蒸馏水（15~20%重量%）拌和，并在研钵中用橡皮捣槌研制成稠浆体。所要求浓度的悬浮体可采用进一步使生料稀释，并仔细搅拌20~25分钟直到形成均匀物料的方法来获得。

流变性能用毛细管粘度计测定，在变形速度不大的情况下，料浆的最大剪应力用列宾捷尔圆锥形塑性计测定，流动度用MXTИ-TH₂流动计测定。

在保证标准流动度的条件下，悬浮体的含水量为27.1%。为了