

苏联水泥化学与工艺学 会议文集

[苏联] Н.Н. 布德尼科夫 К.М. 布特等编

283
中国工业出版社

苏联水泥化学与工艺学 会议文集

〔苏联〕И·П·布德尼科夫 IO·M·布特等編

陈自鑫 董学奇 邱文智

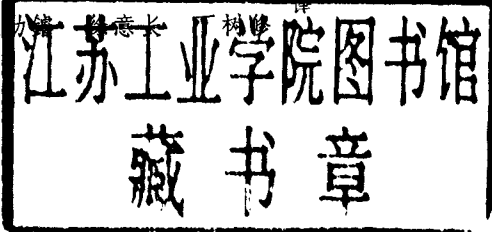
张

力

德

树

译



中国工业出版社

苏联水泥化学与工艺学会论文集

陈自鑫 黄学奇 邱文智 譯
张功镨 徐意长 丁树修

*

建筑材料工业部图书编辑部編輯 (北京西便门外大街)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路西10号)

北京市书刊出版业营业许可出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $7\frac{1}{16}$ ·字数175,000

1966年2月北京第一版·1966年3月北京第一次印刷

印数0001—1,500·定价(科六) **1.10元**

*

統一书号: 15165·4324 (建材 9)

譯 者 序

本书是苏联 1961 年 4 月 6—8 日在莫斯科召开的水泥化学与工艺学会论文集。它是水泥理論和生产方面的綜合性論文集，涉及的面比較广，包括水泥化学和水泥机械装备发展方向的一些論文，水泥熟料的形成，熟料和单矿物的結構，熟料的烧成工艺，矿化剂，混合材料，水泥水化动力学，快硬、高强、矾土、膨胀等水泥品种以及化学成分对水泥胶凝性能影响等等問題。

在論文中，提出了一些新的概念和理論及一些新技术，例如在采用含氟化合物和石膏等作矿化剂时能形成某些活性較高的矿物，提出了所謂“定向矿化”的理論；对于熟料矿物成分影响水泥石后期强度增长提出了水化物晶体“老化”的理論解释；在熟料烧成方面提出了采用高溫快速烧成以获得高阿里特、高强度熟料的方法；此外論述了硅酸盐水泥熟料中阿里特的形成机理和影响形成动力学的因素；对石膏矾土膨胀水泥的膨胀和抗裂性作了詳尽的分析；在窑型选择方面提出了水泥迴轉窑最合理的結構應該是大直径的、长度与直径之比較小的直筒式窑的論点；在粉磨技术方面系統的論述了磨尾噴水、分級衬板以提高粉磨效率的技术措施等等。

本书一般說来反映了苏联近几年来在水泥生产和研究的水平和动向，对从事水泥生产、研究、設計、教学和使用等方面的技术人員都有一定的参考价值。

本书由陈自鑫、黃学奇、邱文智、张功鑄、徐意长、丁树修翻譯，并由陈自鑫同志总校閱。

原书經過选择，将对讀者参考价值不大的文章及文內繁瑣部分作了删节，第一篇根据原意作了适当的編譯，以便于閱讀。限于譯者水平，錯誤必然不少，尚請讀者指正。

目 录

一、苏联水泥工业技术的发展方向·····	1
二、水泥化学问题·····	6
三、高强快硬水泥·····	10
四、矾土水泥和膨胀水泥·····	28
五、掺有矿物混合材料(微集料)的水泥·····	55
六、熟料的相组成及其对普通水泥胶凝性能的影响·····	64
七、硅酸三钙及其固溶体·····	100
八、普通水泥熟料结构的某些特征·····	105
九、廻转窑发展的新成就·····	113
十、水泥工业粉磨新技术·····	120
十一、应用热力学研究水泥·····	129
十二、普通水泥熟料矿物水化动力学研究·····	143
十三、煅烧时用定向改变矿物形成过程的方法改善水泥的 技术性能·····	152
十四、高温下水泥生料中发生的物理化学过程·····	162
十五、硬化的结晶结构的产生及其强度发展条件·····	169
十六、掺特种外加剂加速水泥结构的形成·····	180
十七、论熟料的形成动力学·····	189
十八、当温度低于 0°C 时在 $C_3S-CaCl_2-H_2O$ 系统中可能 有的水化产物的研究·····	201
十九、论某些有机物对水泥初期硬化的影响·····	206
二十、压蒸硅酸盐制品工艺和熟料水泥合理使用的途径·····	214
廿一、在石棉水泥制品工艺中水泥胶凝性质的有效利用·····	219

一、苏联水泥工业技术的发展方向

К.В.Никчлин И.И.Холин

窑方面 苏联，在战后安装了一些 118、127 和 150 米的长窑。最近，准备将安装这些窑的年产量为 20—45 万吨的水泥厂大量扩建。1961—1965 年水泥工业技术发展纲要中规定， 5×185 米、年产量为 67.5 万吨的窑为新水泥厂旋窑的基本窑型。除了这种窑以外，还将建立 4.5×170 米、年产量为 45 万吨的旋窑。苏联水泥工业界经过讨论认为，水泥工业生产能力的提高应该依靠安装湿法旋窑。1961—1965 年内，将安装 62 台大型湿法旋窑，其中 31 台为 5×185 米和 17 台为带有旋风预热器或炉篦子煅烧机、日产量为 850 吨的窑。

经研究分析，认为扩大旋窑尺寸不仅大大提高了产量，而且还节约了煤耗，降低了成本。这是因为在大的燃烧空间内，熟料的煅烧进行得更强烈一些，煤耗就会减小。

指 标	1959年 实 际	5×185 米 窑的工厂 (设计)	备 注
一个工人的年产量，吨	681	2000—2400	为 3.5 倍
一吨水泥的成本，卢布	10.23	6.2	为 2 倍

采用大型旋窑，冷却机的结构是一重要问题。苏联现在用炉篦式冷却机。现代化的冷却设备应该符合最大限度地利用热量使熟料层状急冷，而且效率又是最高的原则。炉篦式冷却机是冷却机的发展方向。

大型旋窑必须安装热交换器，同时，还要注意链条的悬挂方式。正确的悬挂链条，能提高窑的效率，有助于改善生料的成球，减少飞灰和降低热耗。

采用大型旋窑，应该根据大型窑内耐火衬的使用条件，研究

如何延长耐火窑衬寿命和应用优质耐火材料的问题。

湿法生产中，研究水泥料浆脱水的工作具有重要的意义。因要提高产量，仅靠增大窑的尺寸是很困难的。现在国外正在进行这方面的工作，苏联（水泥机械科学研究院）也在开始研究。不一定要研究出使料浆水分降得达到 10—12% 的脱水设备。如果水泥机械科学研究院研究出能使料浆水分降低到 12—18% 的结构牢靠的简单设备，也就可能收到很大的经济效果。

干法生产中，加强煅烧技术的两个基本方向：1) 在一般煅烧熟料的温度下，最大限度地扩大热气流与原材料的接触面积以提高传热效率。在旋风预热器中悬浮煅烧和用炉篦子煅烧机以过滤层将物料预热到 700°C，可达到此目的。有人认为带旋风预热器的窑，热耗最经济。苏联和国外都在进行改进旋风预热器的工作。大型窑安装旋风预热器，其塔楼高达 60—80 米，这是安装旋风预热器设备的主要缺点。以短窑代替长窑虽有其优越性，但塔楼过高，不仅基建投资大而且设备操作也有困难。

苏联水泥科学研究院建议将旋风预热器布置成水平面的，这样可以使设备的操作大大简化。

粉磨方面 在一定时期内，水泥工业的粉磨技术主要是应用各种类型的球磨。试图制造出基于其他作用原理的有效磨机，现在尚未获得实际的效果。用于开路循环的多仓管磨在结构上，近来得到了很大的发展。

粉磨技术的发展方向应该是制造大型磨，因为不断扩大旋窑产量，磨机的设备能力应跟上，同时安装一台大磨的基建投资较安装两台小磨要少。苏联制造了 3.2×15 米的管磨。

国外认为，在相应的制度下在不同的磨机内进行粗磨和细磨是合理的。这是因为熟料的磨碎阻力随着其粉磨细度加大而增长。如果在粉磨至 $1200-1800$ 厘米²/克比表面时，磨碎阻力比较小，那末在粉磨至 1800 厘米²/克以上时，磨碎阻力就增加 1—2 倍。

开路循环中，两级粉磨是有效的流程。这种流程可用于新建

磨機設備中，也可用于改建的粉磨車間。在高產量（30 噸/時以上）的設備內，以及在生产掺各种混合材的多組份水泥（矿渣硅酸盐水泥，火山灰硅酸盐水泥等等），用兩級粉磨特別适宜。較難磨的組分（如熟料）經過粗磨或預先粉磨，而其他混合材（矿渣、火山灰等等）直接喂入細磨的磨機內。這種設備較易實現自動控制。但磨得過細時，產量要降低。

有必要增加水泥的分散程度和提高粉磨流程的經濟效果，因此，水泥工業中应用各种閉路循环的粉磨流程。

閉路循环粉磨的优点是，能在較高的經濟指标下制得高細度的（比表面為 $4500-5000$ 厘米²/克）的水泥，而且当細度和組分的易磨性波动范围大時，能建立穩定的合理的作业制度。

新粉磨設備中噴射式磨機很有意义，在这种磨機內，用壓縮空氣、蒸汽或氣體把能量傳給被粉磨的物料，依靠高速質點的互相碰撞进行粉磨。借产生的超音速的壓縮空氣或氣體射流，使物料顆粒的运动达到必要的加速度。在某些噴射式磨機內，氣流的相对速度达到 $700-800$ 米/秒。物料由噴嘴出來后就进入氣流中，这样可保證金屬的磨損最小。調節进入磨內的物料量，和控制粉磨噴射器及分粒器的速度，可以較大幅度地改变物料的粉磨細度和顆粒組成。

噴射式磨有可能成为将水泥生产的所有工序：破碎，干燥和原料粉磨，熟料的煅烧及粉磨，均結合在一起的高效能設備。現在蘇聯正在进行这种萬能設備的研究工作。

自动控制方面 直到目前为止，水泥工業仅采用单独的自动化設備：用机械远距离操纵和机械的联鎖裝置，工艺参数的远距离控制，調度信号，自动調節水泥磨的喂料，旋窑喂料漿的穩定作用。

蘇聯在自动化方面拟实现：

1. 湿法粉磨原料和用連續式自动重量喂料器的水泥磨的自动調節，喂料調節器、水泥比表面測定儀及湿法用迴轉粘度計的自动調節；

2. 球磨机内原料和煤的干燥及粉磨过程的自动调节；
3. 用气体和液体燃料的旋窑内生料煅烧过程的自动稳定；
4. 干燥机内干燥过程的自动调节；
5. 用工业电视观察生产过程。

在工业中应用部分的调节系统不可能获得完满的效果。若要使水泥生产由部分自动化走向综合自动化，必须改进工艺过程，使之适应实行综合自动化的需要，并须设计出带有综合自动化装置的工艺设备，进一步研究新的自动化仪表，包括控制原材料、熟料和水泥的化学成分的新方法。

测定水泥工业中物料的化学成分的物理方法中，发射光谱和X射线光谱分析是最有前途的。苏联水泥科学研究院正在进行将发射光谱用于水泥生产的试验。改进这个方法，有可能在工艺系统中创造出控制熟料相组成的自动化设备。

在电子学方面取得成就，就能创造出各种根据预先拟定好的详细规程，自动完成各顺序动作的自动校正设备。

因此，在自动调节煅烧、干燥和粉磨方面，应该是由稳定作业制度向着最合理的控制作业制度方向发展。这就要求采用控制计算机。打算用计算机控制水泥整个生产过程，计算机将起到控制最重要参数的作用，根据原料的化学分析数据计算生料的组成，综合生产进程的綜合指标并起到控制作用。

大型水泥厂，最好有一个能收集和加工生产进程的情报的中心装置。

水泥生产的自动化，就联系到生产工艺的改进。在生产工艺的改进方面，以下问题较重要。

1. 研究原料的水力开采和水力运输的可靠系统；
2. 由于应用控制化学组成的自动设备，应创造出連續制备和校正料浆的设备；
3. 改进预先破碎原料和熟料的设备；
4. 研究具有强烈流动过程（在煤气流中煅烧和粉磨）的煅烧生料的设备。

科学研究方面 研究与高强度水泥和特种水泥有关的科学技术問題。最近几年必須研究和生产一系列的特种水泥:

1) 一天强度不小于 300 公斤/厘米², 28 天强度达到 800—1000 公斤/厘米² 的快硬高强水泥;

2) 耐腐蝕性和抗冻性好以及收縮小的新型水工水泥, 大体积混凝土用的低热水泥;

3) 为石油和煤气工业用的, 具有在高温高压下于深处硬化的特殊性质的新型堵塞水泥。这些水泥应该在流变性质和凝結方面符合非常严格的要求, 并且硬化后应具有高的不透水性、不透气性和对矿化水强烈作用的稳定性;

4) 为道路建筑用的特种水泥。对这种水泥的特殊要求, 除高强度和抗冻性好以外, 收縮要小和弹性变形性质要好;

5) 在比較低的溫度 (100—400°C) 下为防輻射用的水泥及在 800°C 和更高的溫度下具有热稳定性的防輻射水泥, 化学結合水的数量大和比重高是对这种水泥的基本要求。

6) 可控制膨胀的膨胀 (和不收縮) 水泥。

7) 优质的白色和彩色水泥。

二、水泥化学問題

П. П. Будников

在熟料形成理論方面研究：熟料的矿物組成和結構，熟料矿物的晶格缺陷和固溶体，特別是鉄鋁酸鈣固溶体的作用，應該属于水泥化学方面的重要問題。熟料形成的近代理論有一些重大缺点，特別是有关气相、組成及液相在熟料形成的不同阶段所起的作用的理論。这就使得人們对有关旋窑烧成帶內石灰吸收問題的見解——不考虑熟料冷却时阻止平衡的現象和一些其他因素，产生了疑問。

必須繼續研究水泥熟料含鉄相的組成，熟料中碱和磷化合物的組成，考虑到水泥中含碱量和熟料本身的不同形成条件，研究出熟料矿物組成的計算方法。

測定水泥熟料中的液相数量和組成，以及闡明在快速煅烧熟料时液相的生成条件及其性质是当前迫切的任务。当研究各种組成的液相的生成条件时，必須考虑到鋁酸鈣和鉄鋁酸鈣的比例和加速液相結晶作用的可能性，以及冷却制度对液相結晶作用动力学的影响。

为了創造具有特定性质的水泥，必須进一步深入研究在各种溫度下煅烧不同組成和粒度的生料所进行的物理化学过程。同时，研究固相的局部化学反应——新結晶相的形成和发展，催化剂和矿化剂的应用，有着重要的意义。

以出現固溶体和在低溫下出現液相使反应組分間接触面积的增大来正确地解释外加剂的加速作用。当然，扩散速度增大，組分間的反应速度和新相的晶体形成速度也因而增大。

但是，不能排除这种可能性，即在新結晶相形成之前发生个别原子和分子离开晶格，从而导致出現分子多孔体，形成原始晶

体的假晶。在热处理湿法水泥生料的条件下，生料在預热带的非常长的地区遭受高温废气和水蒸汽的作用。水热处理对反应组分晶格的破坏有重要的影响，因而对掺入的催化剂的捕获和使生料晶体之间的反应强化也有重大的影响。

应该研究有科学根据的、有效的快速煅烧和急冷水泥熟料的新工艺。这里也包括在悬浮状态，沸腾层或者可能在高温的（2000°C 或以上）旋流中煅烧生料。因此，研究带有沸腾层的空气冷却机的工业设备有着重要意义，特别是对生产能力大的窑。

为了提高窑的生产率必须注意研究旋窑的热传导理论和降低热耗措施。研究除粉尘和使飞灰量平均达到入窑物料的 12—15% 也具有很大的意义。

应该研究合理利用飞灰，掺入生料内的办法，用飞灰制造水硬性地方胶凝材料，以及用作农业肥料的途径，寻求捕集的粉尘的合理利用方法。

应该进一步研究更有效的水泥助磨剂（Интенсификатор）。

为了制得具有特定性质的混凝土和其他类型的建筑材料，并提高它们的质量和耐久性，必须进一步发展水泥的水化和硬化过程的理论，俾能找到控制这些过程的方法。水泥硬化理论的发展应该促使确定混凝土制品的基本物理力学性质（弹性和弹塑性、体积（收缩）变化，塑性，蠕变性，变形性和强度），与某些因素（如孔的结构，水泥的水化程度，混凝土中游离水的含量）之间的科学关系。

必须注意进一步研究水泥—水系统的结构形成（Структурообразование）。

还应该继续研究在普通条件和水热条件下水泥水化过程的热力学。

研究水和水泥化合物之间的反应机理，特别在硬化初期，有着重大的意义。为此目的，应该研究水化硅酸钙和水化产生的其他化合物的内部结构和性质。按照我们的意见，当研究水泥与水相互作用的过程和水热合成新材料时，这些研究结果有可能被成

功地利用。

研究溶解、液相过饱和及硬化形成的水化物的结晶动力学，并同时测出产生的应力是重要的。

研究水泥的水化物晶体的速生机理和动力学，以及各种外加剂，其中包括表面活性物质和外界作用对这些过程的影响，也有重大的意义。

在硬化方面进行这些和其他的研究时，还应该研究模拟方法问题。

必须特别注意研究碱对混凝土集料和水泥化合物生成的水化物的影响。必须重新审查关于水泥硬化时铝酸盐的“有害”和“有益”作用的有名的理论，因为，试验确定在真实硬化条件下这些化合物具有溶解的可能性。在工厂粉磨的水泥中，硫酸钙主要以半水和可溶性无水石膏的形态存在，所以，必须研究具有各种数量的所有变种硫酸钙的水化过程和液相组成。

注意研究特快硬水泥以及制造各种特种水泥：供快速建筑构筑物用的水泥；具有高抗折强度的水泥；在干和湿、冻和融交替变化条件下稳定的水泥；在高温高压下硬化的水泥——供超深油井和气井用的；低温下硬化的水泥。

制得优质的硫酸盐矾土水泥和矿渣水泥是重要的问题。硫酸盐矿渣水泥实际上是同标号的矿渣硅酸盐水泥的同质代用品。因此，应该确定其应用范围（混凝土和钢筋混凝土结构，混凝土制品和砂浆）。生产硫酸盐矿渣水泥比较经济，因为不必应用需要消耗大量燃料和电能才能制得的普通硅酸盐水泥熟料，较生产普通水泥燃料消耗节省约40—50%，而电耗减少25%。必须研究高炉矿渣活化的可能性和提高其水硬性。

最后，必须扩大关于制得所谓微集料水泥的工作。研究表明，在一定条件下，有可能向普通水泥中掺加25—30%的微集料而不降低其强度，水泥的强度取决于水泥和微集料的粉细度，熟料的矿物组成和集料的掺加方法。

碳酸盐岩石（石灰石、白垩、白云石、碳酸钙和碳酸镁），

如研究証明，与 C_3A 和 C_4AF 形成絡合物—碳鋁酸盐： $C_3A \cdot CaCO_3 \cdot 11H_2O$ 或 $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot MgCO_3 \cdot 11H_2O$ 。这些化合物的发育良好的六角形晶体相互之間并与碳酸鈣和碳酸鎂的顆粒連生，形成坚固的晶质砾岩，它的发生和发展成为熟料鋁酸盐組分高强度的条件。

在水泥中掺入碳酸盐和二氧化硅的岩石以及某些废灰作为微集料的問題，有很大的技术經济意义。必須进一步研究碳酸盐岩石对各种矿物組成水泥性质的影响問題。根据熟料矿物組成及其掺加方法（共同或分別粉磨），研究集料的顆粒組成和分散程度的作用，是很重要的。还应该研究砂浆的粘結性，混凝土的弹性变形和蠕变性、水化热，硬化过程中的体积变化，耐硫酸盐性和抗冻性，对碳酸盐的腐蝕，水热处理的影响和結構形成。

利用級外原料和工业废渣，具有重大的意义。从綜合利用的观点出发，霞石渣即所謂“尾砂”，（含氧化鋁达 30%，碱約 20—22%，二氧化硅和其他杂质）是有价值的原料。大家知道，这种原料可以用于制鋁氧，苏打和碳酸鉀。分离鋁氧和碱后，剩余的固体残渣主要为硅酸鈣（貝里特漿），它可以被加工制成普通水泥或快硬硫酸盐貝里特矾土水泥。以級外的鉄矾土和其他原料为主，并往生料中掺加石膏，在 1300—1350°C 左右烧成了硫酸盐貝里特矾土水泥。制得的快硬水泥有 400# 或更高的标号，并且对硫酸盐和硫酸鎂质的腐蝕具有高的耐久性。

在煅烧硫酸盐矾土水泥生料时，如研究所証明的那樣，形成 CA 、 C_2S 和鋁酸鈣与硫酸鈣的絡合物。

必須进行用低温煅烧的方法制得新型硫酸盐貝里特矾土水泥的試驗，使其相組成更明确并查明有无調节凝結時間的可能性。应该研究利用磷石膏作为外加剂的可能性。

必須深入研究优质的矾土水泥，不收縮水泥和膨胀水泥以及耐高温并对各种金属有适当的粘附性的水泥的工艺。应该研究膨胀和結構形成的机理，水化产物的生长速度和結晶形态，液相中水化产物浓度，溫度和各种外加剂对晶体生长的影响等等。

三、高强快硬水泥

А. Е. Шейкин С. М. Рояк

在减少水泥耗用量的条件下获得高强度混凝土的必要性，以及工厂生产装配式钢筋混凝土的新工艺的特点（連續振动机、振动台、动力振动等方法）也对水泥工业提出了生产快硬高强水泥（700—800号或更高标号）的迫切任务。

决定水泥强度的重要因素是：

- （1）熟料的相組成和显微結構；
- （2）水泥的粉磨細度（比表面积）和顆粒組成；
- （3）水泥粉磨时所掺用的混合材料种类和数量。

要获得具有最适宜相組成以及与高活性的水泥相应的熟料显微結構不仅在于正确計算配合生料，还在于整个生产的綜合因素，其中包括：

- （1）生料的細度和均匀性；
- （2）煅烧制度；
- （3）燃料的种类和灰份；
- （4）熟料从其接近燒結溫度冷却下来时的冷却制度。

我們分析各个因素对水泥质量（活性）的影响和它們之間的相互关系。

一、普通水泥熟料相組成对水泥强度的影响

1. 阿里特对水泥强度的影响

在普通水泥矿物成分对水泥性能，特别是水泥石的强度影响的研究中指出，在其他条件相同的情况下，如初始的普通水泥熟料中阿里特含量愈高，那末水泥石的强度也就愈高。

И. П. Будников 和 М. И. Стрелков^[1]曾經十分注意获得高

阿里特熟料的問題，并曾认为可以在这个基础上制得高强水泥。

从提高熟料中阿里特含量对水泥强度有良好的影响出发，某些研究者(Л.Д.Ершов等)曾建議制取快硬高强水泥的途径是将熟料中阿里特的含量提高到可能的最大值。然而要制取这种高阿里特熟料在一般的工厂条件下是有很大的困难的，因为这必須保証在迴轉窑烧成带有很高的温度，因此使煅烧过程难于进行，并降低窑的生产率和衬料寿命，同时还要求采用高质量的燃料。

要使水泥的早期强度或后期强度都具有最好的結果， C_3S 和 C_3A 的含量要有一定的比例。

А.Е.Шейкин^[2]所做的工作曾經指出，当普通水泥的生产工艺相同时(生料的粉磨細度和化学成分的均匀性，煅烧程度及其均匀性、熟料足够快的冷却及其粉磨細度)获得高强快硬水泥的熟料成分大致是 50—55% C_3S 和 8—11% C_3A 。

С.М.Рояк^[3]推荐了制取快硬水泥最适当的熟料矿物成分，其中活性矿物 ($C_3S + C_3A$) 的总量应在 60% 左右， C_3S 50—55% 和 C_3A 8—10%。

在熟料中含有过多的 C_3A 时将大大提高烧成时液相的粘度，从而恶化熟料形成的条件。

也可以假設：水泥熟料中 C_3S 和 C_3A 的最适当的比例，制約着水泥-水悬浮体液相中 CaO 和 Al_2O_3 的浓度，从而在該种条件下可以形成相对比較稳定組分的水化硫鋁酸鈣型的水化物晶体。

在水泥-水悬浮体中，当其在过饱和溶液条件下結晶时，或者由于固体的熟料組分与盐类的水溶液起反应时，照例形成可变組份的結晶相，由两种或两种以上类质同晶的組分所組成，也就是說形成类质同晶混合物。

这些类质同晶的水合晶体的成分取决于初始所用水泥中 C_3S 和 C_3A 的比例，从而也决定它們的相对稳定性。

可見，当 C_3A 含量高(大于 11%) 和 C_3S 含量比較低(小于 50%) 的一些普通水泥硬化时，发现强度随着時間下降，其中抗拉强度在硬化 7 天或 28 天后停止增长，这可以給予如下的假定

性解释。

由于新生成水化物的液相的过饱和程度的改变以及水泥-水悬浮体或水泥浆液相中的 CaO 浓度随着时间而减少导致逐渐的改变介稳的固溶体的组分，并导致最初生成的水泥晶体结构的逐渐局部的破坏，形成新的比较稳定的水化晶体。这与 Ассарсон, Бессея 和其他人的关于介稳水化晶体的“老化”过程的概念相一致，他们曾经指出，水化铝酸钙的组分，不是固定不变的，它会随着温度、溶液中固相和液相的比例以及石灰浓度而变化。

在研究 C_3S 和 C_3A 的比例对水泥的性能，特别是对它的强度影响时应该预计到，减少 C_3A 的含量一般伴随着会相对的增加熟料中的含铁相（确切的说是铁铝酸盐相），大家知道，当部分 Al_2O_3 由 Fe_2O_3 代替时，多少会降低硬化早期的水泥强度，但这种水泥砂浆和混凝土的强度会随着时间而稳定的增长，在侵蚀性水中有着较大的耐久性，其中如硫酸盐水等等。

当依靠降低熟料中的 C_3A 含量从而来提高熟料中含铁相数量时，所引起水泥强度和某些其他性能的改变，想必也可以用当普通水泥与水相互作用时类质同晶体的组分改变的概念予以解释。

大家知道，当熟料中的含铁相水化时，其中 C_4AF 当在有石膏存在时可以形成固溶体，它类似于阿里特和 C_3A 与水相互作用时形成的产物，其差别只是部分的 Al_2O_3 被 Fe_2O_3 所替代而已。

П.П.Будников 和 В.С.Горшков^[4]的实验曾经指出，硫酸铁与硫酸铝比较，前者的生成速度较慢，但是它在较高的温度时不会脱水分解。

Калоузек等^[5]应用差热分析的方法直接确定水泥浆中的水化产物时指出，除高硫酸盐外，可能生成与硫酸铝形成固溶体的类似硫酸铁。作者认为，这种固溶体会逐渐分解。

可能，硬化水泥强度随时间而降低是由于固溶体的部分分