

物資供应干部培训讲义

水 泥

水利电力部供应司编

水利电力出版社

物資供应干部培训讲义

水 泥

水利电力部供应司編

水利电力出版社

內 容 提 要

本书为水利电力工业物资供应干部培训讲义之一。书中简要地介绍了有关水泥的制造过程，凝結与硬化的原理，以及混凝土常識，并着重地介绍了水泥的品质标准，各种水泥的性能，运用范围和节约水泥的各项措施等。本书可供水利电力部門以及有关部門的供应干部进行业务学习时参考。

水 泥

水利电力部供应司編

*

2755 S 724

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里沟）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

850×1168 $\frac{1}{2}$ 开本*4 $\frac{1}{8}$ 印張*104千字*定价(第8类)0.49元

1960年3月北京第1版

1960年3月北京第1次印刷(0001—9,590册)

緒 論

水泥是一种粉状物，它与水化合后成为可塑性的物质，并能逐渐凝結硬化变成象石头一样坚硬的物体，所以水泥是一种水硬性的胶凝材料。

水泥主要用于拌制混凝土和石磚砌体用的砂浆等。水泥混凝土是由水泥、砂、石加水拌合而成，它可以筑成整体的、耐久的、不透水的各种尺寸的结构；再由于混凝土对于鋼筋的握裹力很强，而且它們的膨脹系数又很接近，在构件中取长补短，分担拉应力与压应力，使混凝土与鋼筋混凝土的用途大为广闊，成为建筑工程中理想的材料。因此，在經濟建設中水泥是一种用量大，而且是非常重要的材料之一。

在水利电力建設上，水泥大量地被采用于水工建筑物以及火力发电站、热电站的建設中，不論是水坝、水閘、渠道及其他农田水利工程的建筑物和火电站与热电站的厂房、机炉基础、冷水塔、輸变电工程的变电架构、水泥电杆……等均无不使用水泥的；在苏联伏尔加頓河运河与齐姆良水力发电站工程，用了一百多万吨水泥。我国許多正在建設的水利与水电工程，如三門峽、丹江口等水利樞紐工程，新安江、刘家峽等水力发电工程，使用的水泥均在几十万吨；即将兴建的三峡水利樞紐工程，使用水泥的数量更为龐大，将为数百万吨。在其他各經濟建設部門，如工业厂房、民用建筑、道路、桥梁、港湾工程等，同样的都不可缺少水泥。可以說，在国家經濟建設中很难找到不用水泥的工程。

在国家經濟建設中，水泥虽然是一种不可缺少的材料，但是在旧中国，水泥工业和其他工业一样，在帝国主义、封建势力和官僚资产阶级的統治下，长期遭受着摧殘，不但生产水平低，而且生产能力也得不到充分的發揮，許多水泥厂不是相繼停产、就

是基本处于停产状态，加以帝国主义和国民党反动派的破坏，1949年全国解放时，水泥的年产量只有66万吨。旧中国的水泥工业不仅产量低，而且生产的水泥品种亦少，从1876年开始生产水泥起，至1949年全国解放的七十三年間，只能生产三个品种且标号单一的水泥。解放以后，在党的领导下，国家立即开始恢复遭受国民党反动派严重破坏的国民經济，并在1953年开始了大规模的国民經济建設，中国的水泥工业才获得了新的飞速的发展，到1952年我国的水泥产量由1949年的66万吨增加到286万吨；经过第一个五年国民經济建設计划时期，我国的水泥工业有了更大的发展。1957年年产量猛增为686万吨，大跃进的1958年，水泥工业和其他工业一样，更有了空前飞跃的发展，超过了以往任何一年的增长速度，年产量（不包括土法所制的水泥）达到了930万吨，比解放初期的1949年增长了13倍多。1959年水泥工业仍然是个大跃进，年产量达到了1,227万吨，接近完成第二个五年计划的指标。

1958年水泥工业在党的一整套两条腿走路的方针指导下，出现了大办水泥工业群众运动的热潮，短短的几个月就生产了土法水泥100多万吨，有力地支援了农田水利建設和地方工业的民用建設，并且給今后水泥工业的大发展打下了有利基础，为我国經济建設的繼續大跃进創造了良好条件。

解放后，我国的水泥工业不但在产量上有了飞跃的发展，而且在品种上，由于党的重視和正确领导，并学习了苏联和兄弟国家的先进經驗，由解放前的三个品种增加到二十多个品种，水泥标号也由解放前的单一标号增加到50号、100号、150号、200号、250号、300号、400号、500号、600号9种，并且有些厂已試驗成功了700号和800号水泥，这就可以使不同性质的建筑，能合理地使用不同品种和不同标号的水泥，不但降低了工程造价，而且也提高了工程质量。

目 录

緒 論	2
第一章 水泥的发明和制造	4
第二章 水泥的成分与水泥凝結硬化的原理	10
第三章 混凝土与水泥砂浆的常識	13
第四章 水泥的品质标准	32
第五章 水泥的品种及其特性与使用范围	41
第六章 水泥的节约	64
第七章 水泥的防潮(运输与保管)	91
附录 I 水泥物理性质的檢驗方法	95
附录 II 混合材料的品质标准与掺用量的估算	120
附录 III 早强剂——氯化鈣	127

目 录

緒 論	2
第一章 水泥的发明和制造	4
第二章 水泥的成分与水泥凝結硬化的原理	10
第三章 混凝土与水泥砂浆的常識	13
第四章 水泥的品质标准	32
第五章 水泥的品种及其特性与使用范围	41
第六章 水泥的节约	64
第七章 水泥的防潮(运输与保管)	91
附录 I 水泥物理性质的檢驗方法	95
附录 II 混合材料的品质标准与掺用量的估算	120
附录 III 早强剂——氯化鈣	127

緒 論

水泥是一种粉状物，它与水化合后成为可塑性的物质，并能逐渐凝結硬化变成象石头一样坚硬的物体，所以水泥是一种水硬性的胶凝材料。

水泥主要用于拌制混凝土和石磚砌体用的砂浆等。水泥混凝土是由水泥、砂、石加水拌合而成，它可以筑成整体的、耐久的、不透水的各种尺寸的结构；再由于混凝土对于鋼筋的握裹力很强，而且它們的膨脹系数又很接近，在构件中取长补短，分担拉应力与压应力，使混凝土与鋼筋混凝土的用途大为广闊，成为建筑工程中理想的材料。因此，在經濟建設中水泥是一种用量大，而且是非常重要的材料之一。

在水利电力建設上，水泥大量地被采用于水工建筑物以及火力发电站、热电站的建設中，不論是水坝、水閘、渠道及其他农田水利工程的建筑物和火电站与热电站的厂房、机炉基础、冷水塔、輸变电工程的变电架构、水泥电杆……等均无不使用水泥的；在苏联伏尔加頓河运河与齐姆良水力发电站工程，用了一百多万吨水泥。我国許多正在建設的水利与水电工程，如三門峽、丹江口等水利樞紐工程，新安江、刘家峽等水力发电工程，使用的水泥均在几十万吨；即将兴建的三峡水利樞紐工程，使用水泥的数量更为龐大，将为数百万吨。在其他各經濟建設部門，如工业厂房、民用建筑、道路、桥梁、港湾工程等，同样的都不可缺少水泥。可以說，在国家經濟建設中很难找到不用水泥的工程。

在国家經濟建設中，水泥虽然是一种不可缺少的材料，但是在旧中国，水泥工业和其他工业一样，在帝国主义、封建势力和官僚资产阶级的統治下，长期遭受着摧殘，不但生产水平低，而且生产能力也得不到充分的發揮，許多水泥厂不是相繼停产、就

是基本处于停产状态，加以帝国主义和国民党反动派的破坏，1949年全国解放时，水泥的年产量只有66万吨。旧中国的水泥工业不仅产量低，而且生产的水泥品种亦少，从1876年开始生产水泥起，至1949年全国解放的七十三年间，只能生产三个品种且标号单一的水泥。解放以后，在党的领导下，国家立即开始恢复遭受国民党反动派严重破坏的国民经济，并在1953年开始了大规模的国民经济建设，中国的水泥工业才获得了新的飞速的发展，到1952年我国的水泥产量由1949年的66万吨增加到286万吨；经过第一个五年国民经济建设计划时期，我国的水泥工业有了更大的发展。1957年年产量猛增为686万吨，大跃进的1958年，水泥工业和其他工业一样，更有了空前飞跃的发展，超过了以往任何一年的增长速度，年产量（不包括土法所制的水泥）达到了930万吨，比解放初期的1949年增长了13倍多。1959年水泥工业仍然是个大跃进，年产量达到了1,227万吨，接近完成第二个五年计划的指标。

1958年水泥工业在党的一整套两条腿走路的方针指导下，出现了大办水泥工业群众运动的热潮，短短的几个月就生产了土法水泥100多万吨，有力地支援了农田水利建设和地方工业的民用建设，并且给今后水泥工业的大发展打下了有利基础，为我国经济建设的继续大跃进创造了良好条件。

解放后，我国的水泥工业不但在产量上有了飞跃的发展，而且在品种上，由于党的重视和正确领导，并学习了苏联和兄弟国家的先进经验，由解放前的三个品种增加到二十多个品种，水泥标号也由解放前的单一标号增加到50号、100号、150号、200号、250号、300号、400号、500号、600号9种，并且有些厂已试验成功了700号和800号水泥，这就可以使不同性质的建筑，能合理地使用不同品种和不同标号的水泥，不但降低了工程造价，而且也提高了工程质量。

第一章 水泥的发明和制造

从水泥的发明到水泥全部制造方法的确定，经历了一个相当长时期的摸索过程。水泥制造的几个主要问题是在很长时间，经过很多人的研究、实验和实践才逐渐得到解决的。

一、水泥的发明简史

远在1756年就有人发现含有少量粘土的石灰石，煅烧后具有在水中凝结变硬的性能，从而制成“水硬石灰”；但当时却将水硬石灰加水溶解不开的灰黑色烬块弃之不用，以后在1796年有人将此废弃的烬块粉碎制成“石灰渣水泥”，发现它的水硬性能比水硬石灰还强，进而用含粘土量较多(30%以上)的石灰石煅烧并磨碎成粉末，比“水硬石灰”的水硬性高，这就是所说的“罗马水泥”，1800年又有人用含粘土20%以上的石灰石煅烧粉碎制成“天然水泥”，所得的水硬性更高，从而知道石灰石中粘土最佳含量是20~25%；但是，含有适量粘土的石灰石并不是到处都有，因而使制造水硬性较高的天然水泥受到限制。1810年有人用粘土与石灰石两种原料，经人工磨细后按最佳成分配合烧制成与天然水泥同样品质的水泥，解决了原料供应困难和配料的问题。后来，经过许多人的摸索，在制造、实践的經驗中不断研究提高，逐渐充实发展到了现在的制造方法，并从理论上解释了水泥能产生水硬性的道理。

过去很长一个时期，人们认为水泥是英国黎兹市的石工阿斯丁在1824年发明的，并由于其制品颜色与英国波特兰地方的石块相似，而一直称为“波特兰水泥”。实际上，水泥不是英国人发明的，阿斯丁只是在1824年取得了英国由粘土和石灰石的混合物煅烧至碳酸气排出并磨细烧成物所得的水硬性胶凝材料制造的专利权罢了，阿斯丁不但不是发明者，而且在水泥制造方法上，也没有

什么重要贡献。而英美资本主义者却歪曲了水泥的发明历史，硬說成是阿斯丁发明的。

苏联的历史研究工作者，根据确凿可靠的资料揭露了历史的真实性，已证实水泥是在1824年以前由俄国人发明的。1825年出版的俄罗斯瓦格洛·彻里瓦夫所著“水下建筑物用之极其坚固的低廉水泥的制造过程”一书中曾提到在窑中煅烧至“白热”呈块状的石灰和粘土(1:1)混合物的水泥制造过程，并且还提到在制造水泥时，可以使用克里姆林宫破坏了的軍火庫的瓦爍的可能性，而該軍火庫早在1817~1821年間就已經修復，從而我們可以明了，在俄罗斯組織生产水泥不会晚于1817年~1821年，而阿斯丁仅于1824年才得到制造水泥的专利权。因此，應該說水泥是俄罗斯发明的。同时，制造水泥煅烧至白热温度为 $1,100\sim 1,200^{\circ}\text{C}$ ，而煅烧至排出碳酸气， 900°C 以下就够了，从而也可知道彻里瓦夫所說的水泥制造过程是在較完善的情况下进行的。

苏联和我国均已先后取消了“波特兰水泥”的名称，将石灰质和粘土质为主要原料制成的水泥改称为“矽酸盐水泥”。

二、水泥的制造

水泥工业的发展，特别是社会主义国家，已发明了许多品种的水泥，以适应各种不同建筑的需要，各种水泥所使用的原料不同，煅烧过程亦稍有不同。在各种水泥中，目前以矽酸盐类水泥使用最为广泛，下面就制造矽酸盐水泥的原料及制造过程作簡要的介绍。

(一)制造水泥的原料 石灰石和粘土是制造矽酸盐水泥的基本原料。在天然原料或工业副产品中，凡含有石灰质和粘土质成分的都可以用为制造水泥的原料。

1.石灰质原料有石灰石、白堊土、石灰等。其中最主要的是石灰石(俗称青石)，石灰是用石灰石燒出来的，其成分决定于石灰石的成分，白堊土是白色軟土状的石灰粉石灰石、白堊土的主要成分是碳酸鈣和少量的氧化矽、氧化鋁、氧化鉄与氧化鎂。

石灰質原料中所含的碳酸鈣愈多愈好，而氧化鎂含量愈少愈好。对石灰質原料所以要提出这样的要求，是因为矽酸盐水泥熟料中必須含有一定数量的氧化鈣，而氧化鈣差不多都是由石灰質原料中得来的，如石灰質原料含碳酸鈣太少，也就不能达到水泥熟料中所要求的氧化鈣含量；其次，如用立窑燒制水泥，必須将混合的原料粉制成粒，而且要求混合原料粉的粘性要大，这样制出的粒坚实而不易碎，有助于窑的通风，并保証熟料的产量和质量(如粒碎就减少了粒間的空隙，造成立窑通风困难)。要使混合原料粉的粘性大，就需多掺粘土，而只有在石灰質原料中碳酸鈣含量多的情况下，才能多掺粘土。所以，石灰質原料中碳酸鈣的含量愈多愈好。

国家标准中規定水泥熟料中氧化鎂不得超过4.5% (如超过4.5%就影响水泥的体积安定性)，要使熟料中氧化鎂不超过4.5%，必須限制石灰質原料中氧化鎂不得超过3%，亦即碳酸鎂不超过6.3%。

2. 粘土質原料中，有粘土、板岩、頁岩以及工业副产品中的煤灰、頁岩灰、火山灰等。頁岩是粘土埋于地下受压而成，板岩多系頁岩变成；板岩、頁岩和粘土的成分相似，含氧化矽55~75%，氧化鋁10~20%，氧化鉄2~8%，石灰1~5%，氧化鎂1~3%。

粘土質原料是矽酸盐水泥熟料中氧化矽与氧化鋁成分的主要来源，所以一般要求粘土質原料中的氧化矽含量最好不低于65%，氧化鋁含量最好不低于13%，如氧化矽含量不够标准，可用矽石或矽砂补充。

3. 除上述的石灰質与粘土質原料外，还有石灰質与粘土質混合原料也可用来制造水泥，例如，粘土質石灰岩(即水泥岩)，粘土質白堊和粘土質泥灰岩，以及炼鉄炉矿渣等。

4. 鉄矿石。水泥的矿物成分中有鉄鋁酸四鈣，它与水起变化后强度虽不高，但它在熟料燒制过程中，能够在燒成阶段时熔化成液体，使矽酸二鈣和氧化鈣容易变成矽酸三鈣(矽酸三鈣是决

定水泥28天内强度高低的主要矿物成分),所以铁铝酸四钙是不可缺少的,而氧化铁的含量又影响着铁铝酸四钙的含量。一般说来,矽酸盐水泥熟料含氧化铁3~5%,因而当粘土质原料含铁量少、以致使水泥熟料中氧化铁少于3%时,应加入适量的氧化铁(可用赤铁矿石,或黄铁矿石,或工业废料硫铁矿石)。

5.石膏。煅烧成的水泥熟料最后磨细时,应加入约2~5%的生石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)或熟石膏($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$)。加石膏的目的是为了控制水泥凝结的快慢,使在施工时不致在未浇筑捣实前凝结。

石膏加入后,抑制了铝酸三钙的凝结作用,从而延缓了水泥的凝结时间;石膏加入量的多少,取决于水泥中铝酸三钙的数量。

(二)水泥的制造方法 水泥的制造方法有湿法和干法两种。干法或湿法的选择视原料的干湿状态而定,如原料为干硬的采用干法,原料含水分多的则采用湿法;此外,还要看水源与排水是否便利,以及燃料及动力的供应情况等因素而定。干法用立窑或卧式旋转窑,湿法用卧式旋转窑;我国东北及华北各水泥厂多用干法,如湖北省华新水泥厂则用湿法;干法燃料较省,湿法生料配合较便,质量较高。

(三)制造水泥的过程 制造水泥的过程可分为以下三个步骤(以干法为例):

1.原料的磨细与配合:将矿山爆破下来的大块石灰石破碎成25毫米以下的碎块,粘土中所含水分必须烘干,以便于磨研,如硬粘土质原料为页岩时则需轧碎,将石灰质与粘土质原料与铁矿石(如粘土质原料含氧化铁合乎要求,就不加铁矿石)按一定比例配合成为水泥所要求的成分后,把它磨成细粉,这种已配合好而尚未煅烧的原料称为水泥的生料,以别于已烧成的熟料。

水泥生料研磨的细度,在大型水泥厂里一般要求通过4,900孔/平方厘米筛的在90%以上,立窑生产水泥时,则要求生料全部通过130号筛网,其所以要求磨得这样细,是因为原料中的氧

化矽、氧化鈣等都是較难于起化学反应的物质；同时，在煅燒过程中达到最高温度（約 $1,300^{\circ}\text{C}$ 开始到 $1,450^{\circ}\text{C}$ ）以前均成固体状态，化学反应只是在顆粒之間互相接触的表面上进行。因此，生料磨得愈細愈均匀，化学反应也就进行得愈完全、愈彻底。这对于煅燒和熟料质量的影响是很大的。

将石灰質、粘土質、鉄粉原料按一定的比例配合成水泥所要求的成分，大型水泥厂各种原料的配合，是先經過对各种原料的化学分析和計算来进行的。这种方法虽然穩妥可靠，但是化学分析很复杂，而且需要一些昂貴的設備和仪器，在目前用土法生产水泥的地方，还缺乏这种条件，短期內还不可能做到。但是我們可以採用一些有一定科学根据的簡單方法来进行这一工作，如小炉試燒法，酸礆滴定法与燒失量法等，虽然这些方法不是最理想的办法，但也能在一定程度上解决問題，給全民办水泥工业，大搞土法制造水泥創造了条件。

2. 窑中煅燒：将已配好并經過磨細的水泥生料送到窑中慢慢地燒到 $1,450^{\circ}\text{C}$ ，繼續煅燒一个時間后，料子有一部分熔化，冷却后变成結实的黑色小块，这种黑色小块就是水泥熟料。

煅燒生料，在大型水泥厂采用臥式旋窑，在一般条件下則用立窑，根据設備情况，立窑又可分为若干类型，但不論用哪种类型的窑，生料在煅燒中所起的变化过程，基本上是相同的。即随着生料在窑內的运动，温度愈来愈高，化学反应愈来愈激烈，逐漸形成了熟料的各种化合物。

生料在窑中煅燒所起的变化，可分为下述的五个阶段。这些阶段在臥式旋窑中是很容易划分的；但在立窑中这些阶段并不是互不連續独立进行的，而往往是交錯进行的。为便于了解窑內的变化情况，把它分开說明：

（1）干燥阶段：在这个阶段里生料被烤干，而且被热气加热，温度升高到 450°C 时，粘土中的化合水被烤掉。

（2）預热阶段：混合的原料繼續被热气烘烤，温度又上升到 600°C 以上时，混合原料中的碳酸鈣开始分解成氧化鈣和二氧化

碳。

(3) 碳酸盐分解阶段：温度升高到 800°C ，碳酸鈣分解很激烈，到 900°C 以上时，碳酸鈣全部分解成氧化鈣和二氧化碳。

(4) 燒成阶段：从碳酸鈣开始分解的温度起，混合原料就开始起着变化，到 $1,300^{\circ}\text{C}$ 就生成鉄鋁酸四鈣、鋁酸三鈣、矽酸二鈣以及少量的矽酸三鈣和一部分未参加变化的氧化鈣，温度在达到 $1,300 \sim 1,450 \sim 1,300^{\circ}\text{C}$ 之間时，是料子燒得好坏的一个关键。在这个温度範圍內，鉄鋁酸四鈣和鋁酸三鈣就熔化成液体，这种液体使矽酸二鈣和氧化鈣易起变化而成矽酸三鈣。随着温度的下降，熔化物变硬了。这种从物料开始熔化到熔化物又变硬的阶段，叫做燒成阶段。

(5) 冷却阶段：物料燒成后温度下降，叫做冷却阶段。

大型水泥厂燒制水泥的新式窑是臥式圓筒旋窑(直徑 $3 \sim 4$ 米，长 $50 \sim 150$ 米)，窑身略有傾斜，外包鋼板，內衬耐火磚，原料自高端注入，借窑身的傾斜与旋轉，使原料緩緩向下端流动；同时，自下端吹入預先烘干磨碎的煤粉，由于窑內温度很高，煤粉入窑后即行燃燒，全窑自上端起温度逐漸增高。这种窑产量虽大，但需要的設備較多，花費投資亦大。土法生产水泥一般多用土立窑。这种土法立窑多系圓柱形的，內层用耐火磚，外面用青磚或紅磚(窑內温度低的地方也可用青磚或紅磚)砌成。

用立窑煅燒生料时需要将生料制成料球，再送入窑中进行煅燒，这是因为立窑煅燒所需要的空气全部或大部从下面而来，用球状料物可使空气較順暢地从下面上来，以利煅燒。

3. 熟料的磨細：生料煅燒成熟料后，經冷却并研細至需要的細度，在磨細时加入适量的石膏 ($2 \sim 5\%$)，所得的細粉就是水泥。

水泥成分必須进行質量的檢查，檢驗的項目通常有細度、标准稠度、凝結時間、安定性以及强度等(參閱第四章)。

第二章 水泥的成分与水泥凝結硬化的原理

一、水泥的成分

矽酸盐水泥是由石灰質原料、粘土質原料及輔助原料如鉄矿石，按所要求的成分均匀配合、磨細、煅燒以后，再加入少量的石膏共同磨細而得的产物。因此 水泥的主要成分乃是氧化鈣、氧化矽、氧化鋁和氧化鉄。但是这些成分并不是各不相关的单独存在着，而是按照一定的組成成为化合物存在的，也就是一般所說的水泥矿物組成。

矽酸盐水泥的矿物組成，主要有矽酸二鈣、矽酸三鈣、鉄鋁酸四鈣和鋁酸三鈣等四种，它們的不同含量决定着水泥具有不同的物理性質与化学性質。

水泥熟料中含矽酸三鈣 ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ，化学簡式为 C_3S) 及矽酸二鈣 ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ，簡式为 C_2S) 最多，所以用石灰質与粘土質制成的水泥叫做矽酸盐水泥。

矽酸三鈣与水起化学变化的速度很快，是决定水泥28天內强度高低的主要东西。

矽酸二鈣与水起化学变化的速度比矽酸三鈣慢些，但是水泥后期强度的增长全依賴它。

鋁酸三鈣 ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ，簡式为 C_3A) 与水起化学变化的速度最快，是决定水泥3天內强度高低的主要东西；但它的含量不能过多，过多則使水泥水化时急速凝結硬化，造成施工困难。

鉄鋁酸四鈣 ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ，簡式为 C_4AF) 与水起化学变化后强度不高，其水化物沒有胶凝性。但它在水泥熟料燒制过程中，能在燒成阶段时熔化成液体，使矽酸二鈣和氧化鈣容易变成矽酸三鈣。

此外，水泥燒成后，除含有上述四种主要化合物外，还含有

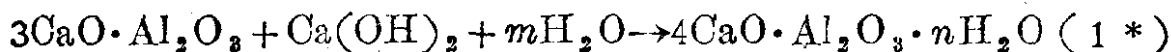
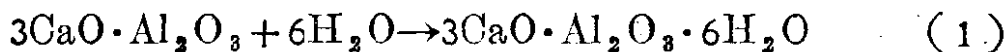
一种有害的东西，就是氧化镁（ MgO ）。氧化镁在熟料中一般被认为是呈游离状态存在的，多系由石灰质原料带来的。氧化镁也能与水起变化，但变化很慢，混凝土浇筑成几年甚至几十年后还是在变化，它与水起变化后，生成氢氧化镁，体积变大；使已经硬化的混凝土膨胀，强度降低，因之起到破坏混凝土的作用。所以，在选择原料时应注意含氧化镁高的原料不能应用。在国家标准中，限制了氧化镁在矽酸盐水泥熟料中不得超过4.5%。

在水泥熟料中还含有一些没有起变化的氧化钙，通常称为游离石灰，其含量多少视烧制时的烧成情况而定，它是在烧成阶段中生成矽酸三钙时没有作用完全而剩下来的。它与水作用生成氢氧化钙，体积增大，所以它的含量多了，制成的水泥安定性差，会使混凝土产生裂纹，降低强度。因此，水泥熟料中游离氧化钙的含量，一般规定不得超过1~1.5%；在土立窖生产中，由于条件限制可适当放宽，但必须保证产品的体积安定性的原则。

二、水泥凝结与硬化的原理

水泥与水拌合后先凝结再硬化，能将砂石胶结起来产生抵抗外力的能力。因为水泥的凝结与硬化必须在水中或潮湿的环境中才能发生，所以叫做水化作用。正因如此，水泥才被称为水硬性胶结材料。

矽酸盐水泥水化作用的生成物，以水化快慢为序，用下列化学反应式说明：



注：(1*)式中的 $Ca(OH)_2$ 是从(2)式中水化后新生成的。

(1)式中 $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ 是绒毛状的、均质的、结晶的水化物。

(2)式中 $2CaO \cdot SiO_2 \cdot (n-1)H_2O$ 是无定形体的水化物， $Ca(OH)_2$ 系结晶体。