

第二章 气硬性胶凝材料



章前导读

本章主要讲述石灰、石膏、水玻璃等常用气硬性胶凝材料的硬化机理、技术性质及主要用途，通过学习可以了解并掌握常见气硬性胶凝材料的相关知识，以便在实际工程应用中合理选用。



学习目标

1. 掌握胶凝材料的分类。
2. 掌握石灰、石膏的技术要求、特性、应用及保管。
3. 了解石灰、石膏的生产工艺产品分类。
4. 了解水玻璃的特性及在工程中的应用。

在建筑工程中，把经过一系列的物理、化学作用后，由液体或膏状体变为坚硬的固体，同时能将砂、石、砖、砌块等散粒或块状材料胶结成一个整体的材料，统称为胶凝材料。

胶凝材料品种繁多，按化学成分可分为有机胶凝材料和无机胶凝材料两大类，其中无机胶凝材料按硬化条件又可分为水硬性胶凝材料和气硬性胶凝材料两类。所谓气硬性胶凝材料，是指只能在空气中硬化并保持或继续提高其强度的胶凝材料，如石灰、石膏、水玻璃等，如图 2-1 所示。

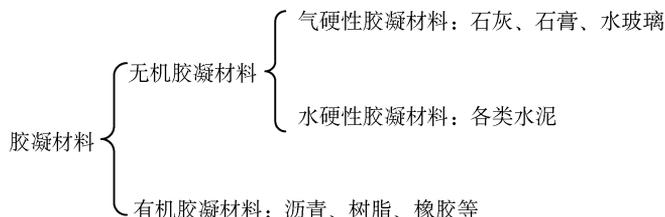


图 2-1 胶凝材料的分类

气硬性胶凝材料一般只适合于地上或干燥环境，不宜用于潮湿环境，更不可用于水中。水硬性胶凝材料是指不仅能在空气中硬化，而且能更好地在水中硬化并保持或继续提高其强度的胶凝材料，如水泥。水硬性胶凝材料既适用于地上，也适用于地下或水中。

第一节 石灰

石灰是建筑工程中使用较早的矿物胶凝材料之一。由于其原料来源广泛，生产工艺简单，成本低廉，具有其特定的工程性能，所以至今仍广泛应用于建筑工程中。

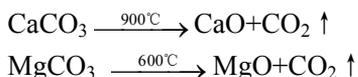
一、石灰的生产

(一) 原料

生产石灰的原料有两种：一是天然原料，以碳酸钙为主要成分的矿物、岩石（如石灰岩、白云岩）或贝壳等；二是化工副产品，如电石渣（是碳化钙制取乙炔时产生的，其主要成分是氢氧化钙），目前主要是以天然的石灰岩为原料。

(二) 生产过程

将主要成分为碳酸钙和碳酸镁的岩石经高温煅烧（加热至 900℃ 以上），逸出 CO₂ 气体，得到的白色或灰白色的块状材料即为生石灰，其主要化学成分为氧化钙和氧化镁。



在实际生产中，为加快石灰石的分解，使原料充分煅烧，温度通常控制在 1000～1200℃。温度较低、煅烧时间不足、石灰岩原料尺寸过大、装料过多等因素，会产生欠火石灰。欠火石灰中 CaCO₃ 尚未完全分解，未分解的 CaCO₃，没有活性，从而降低了石灰的有效成分含量；温度过高或煅烧时间过长时，石灰石中的杂质会发生熔结，产生过火石灰。过火石灰颗粒粗大、结构致密，熟化速度十分缓慢，使用时如果处理不当会影响工程质量。

根据石灰中氧化镁含量的多少，将石灰分为钙质石灰（MgO 含量 ≤ 5%）和镁质石灰（MgO 含量 > 5%）。镁质石灰熟化较慢，但硬化后强度稍高。用于建筑工程中的多为钙质石灰。

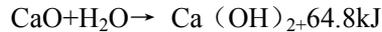
按照成品加工方法的不同，建筑工程中常用的石灰产品主要有以下几种类型。

- (1) 块状生石灰：由原料煅烧而成的原产品，主要成分为 CaO。
- (2) 生石灰粉：块状生石灰经磨细而成的粉状产品，主要成分为 CaO。
- (3) 消石灰粉：将生石灰粉用适量的水消解而成的粉末，也称熟石灰粉，其主要成分为 Ca(OH)₂。
- (4) 石灰膏：将生石灰加石灰体积 3～4 倍的水消解，石灰浆在储灰池中沉淀，除去上层水分后即成为石灰膏，其主要称为 Ca(OH)₂。

二、石灰的熟化

(一) 熟化过程

块状生石灰在使用前都要加水消解，这一过程称为“消解”或“熟化”，也可称之为“淋灰”。经消解后的石灰称为“消石灰”或“熟石灰”，其化学反应式为



生石灰在熟化过程有两个显著的特点：一是体积膨胀大（约 1~2.5 倍）；二是放热量大，放热速度快。煅烧良好、氧化钙含量高、杂质含量小的生石灰，其熟化速度快，放热量和体积增大也多，因此产浆量高。此外，熟化速度还取决于熟化池中的温度，温度高，熟化速度快。

(二) 熟化方法

1. 经过筛与陈伏后制成石灰膏

石灰中不可避免含有未分解的碳酸钙及过火的石灰颗粒。为消除这类杂质的危害，石灰膏在使用前应进行过筛和陈伏。即在化灰池中加水，拌制成石灰浆，熟化的氢氧化钙经筛网过滤（除渣）流入储灰池，在储灰池中沉淀陈伏成膏状材料，即石灰膏。为保证石灰充分熟化，必须在储灰池中储存半个月后再使用，这一过程称为陈伏。陈伏期间，石灰膏表面应保留一层水，或用其他材料覆盖，避免石灰膏与空气接触而导致碳化。石灰膏可用于拌制砌筑砂浆、抹面砂浆，也可以掺入较多的水制成石灰乳液用于粉刷。

2. 制成消石灰粉

将生石灰淋以适当的水，消解成氢氧化钙，再经磨细、筛分而得干粉，称为消石灰粉或熟石灰粉。消石灰粉也需放置一段时间，待进一步熟化后使用。由于其熟化未必充分，不宜用于拌制砂浆、灰浆。消石灰粉常用于拌制石灰土、三合土。

三、石灰的硬化

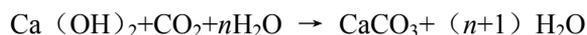
石灰浆在空气中的硬化是物理变化过程——干燥结晶，和化学反应过程——碳化、硬化两个同时进行的过程。

1. 干燥结晶过程

石灰膏中的游离水分一部分蒸发掉，另一部分被砌体吸收。氢氧化钙从过饱和溶液中结晶析出，晶相颗粒逐渐靠拢结合成固体，强度随之提高。

2. 碳化硬化过程

氢氧化钙与空气中的二氧化碳反应生成不溶于水的、强度和硬度较高的碳酸钙，析出的水分逐渐蒸发，其反应式为



这个反应实际是二氧化碳与水结合形成碳酸，再与氢氧化钙作用生成碳酸钙。如果没

有水，这个反应就不能进行。碳化过程是由表及里的，但表层生成的碳酸钙结晶阻碍了二氧化碳的深入，也影响了内部水分的蒸发，所以碳化过程长时间只限于表面。氢氧化钙的结晶作用则主要发生在内部。石灰硬化过程的两个主要特点是：一是硬化速度慢；二是体积收缩大。

从以上的石灰硬化过程可以看出，石灰的硬化只能在空气中进行，也只能在空气中才能继续发展提高其强度，所以石灰只能用于干燥环境的地面上建筑物、构筑物，而不能用于水中或潮湿环境中。

四、石灰的技术标准

1. 建筑生石灰

(1) 建筑生石灰的分类。按生石灰的化学成分分为钙质石灰和镁质石灰两类。根据化学成分的含量又将钙质石灰和镁质石灰分成各个等级，见表 2-1。

表 2-1 建筑生石灰的分类 (JC/T479—2013)

类别	名称	代号
钙质石灰	钙质石灰 90	CL90
	钙质石灰 85	CL85
	钙质石灰 75	CL75
镁质石灰	镁质石灰 85	ML85
	镁质石灰 80	ML80

(2) 建筑生石灰的技术要求。建筑生石灰的化学成分应符合表 2-2 的要求。

表 2-2 建筑生石灰的化学成分 (JC/T479—2013)

名称	(氧化钙+氧化镁) (CaO+MgO)	氧化镁 (MgO)	二氧化碳 (CO ₂)	三氧化硫 (SO ₃)
CL90-Q CL90-QP	≥90	≤5	≤4	≤2
CL85-Q CL85-QP	≥85	≤5	≤7	≤2
CL75-Q CL75-QP	≥75	≤5	≤12	≤2
ML85-Q ML85-QP	≥85	>5	≤7	≤2
ML80-Q ML80-QP	≥80	>5	≤7	≤2

建筑生石灰的物理性质应符合表 2-3 的要求。

表 2-3 建筑生石灰的物理性质 (JC/T479—2013)

名称	产浆量/ [dm ³ (10kg)]	细度	
		0.2mm 筛余量 (%)	90μm 筛余量 (%)
CL90-Q CL90-QP	≥26 —	— ≤2	— ≤7
CL85-Q CL85-QP	≥26 —	— ≤2	— ≤7
CL75-Q CL75-QP	≥26 —	— ≤2	— ≤7
ML85-Q ML85-QP	—	— ≤2	— ≤7
ML80-Q ML80-QP	—	— ≤7	— ≤2

注：其他物理特性，根据用户要求，可参照 JC/T478.1 进行测试。

2. 建筑消石灰

(1) 建筑消石灰的分类，见表 2-4。

表 2-4 建筑消石灰的分类 (JC/T481—2013)

类别	名称	代号
钙质消石灰	钙质消石灰 90	HCL90
	钙质消石灰 85	HCL85
	钙质消石灰 75	HCL75
镁质消石灰	镁质消石灰 85	HML85
	镁质消石灰 80	HML80

(2) 建筑消石灰的技术要求，见表 2-5 和 2-6。

表 2-5 建筑消生石灰的化学成分 (JC/T481—2013)

名称	(氧化钙+氧化镁) (CaO+MgO)	氧化镁 (MgO)	三氧化硫 (SO ₃)
HCL90 HCL85 HCL75	≥90 ≥85 ≥75	≤5	≤2
HML85 HML80	≥85 ≥80	>5	≤2

注：表中数值以试样扣除游离水和化学结合水后的干基为基准。

表 2-6 建筑消石灰的物理性质 (JC/T481—2013)

名称	游离水	细度		安定性
		0.2mm 筛余量 (%)	90 μ m 筛余量 (%)	
HCL90	≤ 2	≤ 2	≤ 7	合格
HCL85				
HCL75				
HML85				
HML80				

五、石灰的技术性质

与其他胶凝材料相比，石灰具有以下特性。

1. 保水性、可塑性好

生石灰熟化为石灰浆时，能自动形成颗粒极细的呈胶体分散状态的氢氧化钙，表面吸附一层厚的水膜，因而保水性能好，且水膜层也大大降低了颗粒间的摩擦力。因此，用石灰膏制成的石灰砂浆具有良好的保水性和可塑性。在水泥砂浆中掺入石灰膏，可使砂浆的保水性和可塑性显著提高。

2. 硬化慢、强度低

石灰浆体硬化过程的特点之一就是硬化速度慢。原因是空气中的二氧化碳浓度低，且碳化是由表及里的，在表面形成较致密的壳，使外部的二氧化碳较难进入其内部，同时内部的水分也不易蒸发，所以硬化缓慢，硬化后的强度也不高，如 1:3 石灰砂浆 28 天的抗压强度通常只有 0.2~0.5MPa。

3. 体积收缩大

体积收缩大是石灰在硬化过程中的另一特点，一方面是由于蒸发大量的游离水而引起显著的收缩；另一方面碳化也会产生收缩。所以石灰除调成石灰乳液作薄层涂刷外，不宜单独使用，常掺入砂、纸筋等以减少收缩、限制裂缝的扩展。

4. 耐水性差、吸湿性强

石灰浆体在硬化过程中的较长时间内，主要成分仍是氢氧化钙（表层是碳酸钙），由于氢氧化钙易溶于水，所以石灰的耐水性较差。硬化中的石灰若长期受到水的作用，会导致强度降低，甚至会溃散。生石灰极易吸收空气中的水分熟化成熟石灰粉，所以生石灰长期存放应在密闭条件下，并应防潮、防水。

六、石灰的应用

1. 拌制灰浆、砂浆

如麻刀灰、纸筋灰，石灰砂浆、水泥石灰混合砂浆等，用于砌筑工程、抹面工程。

2. 拌制灰土、三合土等

消石灰粉和黏土按一定比例配合称为灰土，通常用体积比表示，如三七灰，二八灰；在灰土中再加入炉渣、砂、石等填料，即成三合土；在三合土的基础上加入少量低标号的水泥形成所谓的四合土。灰土和三合土经夯实后强度高、耐水性好，且操作简单、价格低廉，广泛应用于建筑物、道路等的垫层、地基的换土处理和基础。

灰土和三合土的强度形成，是由于石灰改善了黏土的和易性，在强力夯打之下，大大提高了土的密实度。而且，黏土颗粒表面少量活性氧化硅和氧化铝与氢氧化钙起化学反应，生成了不溶性的水化硅酸钙和水化铝酸钙，将黏土颗粒黏结起来，从而提高了黏土的强度和耐久性。

3. 建筑生石灰粉

将生石灰磨成细粉，即建筑生石灰粉。建筑生石灰粉加入适量的水拌成的石灰浆可以直接使用，主要是因为粉状石灰熟化速度较快，熟化放出的热促使硬化速度进一步加快。硬化后的强度要比石灰膏硬化后的强度高。

4. 制作碳化石灰板材

碳化石灰板是将磨细的生石灰掺 30%~40%的短玻璃纤维或轻质骨料加水搅拌，振动成形，然后利用石灰窑的废气人工碳化 12~24 小时而成的一种轻质板材。它能锯、能钉，适宜用做非承重内隔墙板、天花板等。

5. 生产硅酸盐制品

将磨细的生石灰或消石灰粉与天然砂或粒化高炉矿渣、炉渣、粉煤灰等硅质材料配合均匀，加水搅拌，再经陈伏（使生石灰充分熟化）、加压成型和压蒸处理可制成蒸压灰砂砖。灰砂砖呈灰白色。如果掺入耐碱颜料，可制成各种颜色。它的尺寸与普通黏土砖相同，也可制成其他形状的砌块，主要用做墙体材料。

七、石灰的验收、储运及保管

建筑生石灰粉、建筑消石灰粉一般采用袋装，可以采用符合标准规定的牛皮纸袋、复合纸袋或塑料编织袋包装，袋上应标明厂名、产品名称、商标、净重、批量编号。运输、储存时不得受潮和混入杂物。

保管时应分类、分等级存放在干燥的仓库内，不宜长期存储。运输过程中要采取防水措施。由于生石灰遇水发生反应放出大量的热，所以生石灰不宜与易燃易爆物品共存、共运，以免酿成火灾。存放时，可制成石灰膏密封或在上覆盖砂土等方式与空气隔绝，防止硬化。

包装重量：建筑生石灰粉有每袋净重 40kg、50kg 两种，每袋重量偏差值不大于 1kg；建筑消石灰粉有每袋净重 20kg、40kg 两种，每袋重量偏差值不大于 0.5kg、1kg。

第二节 石膏

石膏在建筑工程中的应用也有较长的历史。由于其具有轻质、隔热、吸声、耐火、色白且质地细腻等一系列优良性能，加之我国石膏矿资源丰富、储量大、分布广，所以石膏的应用十分广泛。

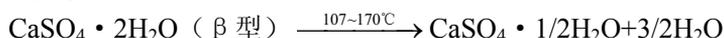
石膏是以硫酸钙为主要成分的气硬性胶凝材料。当石膏中含有的结晶水不同时，可形成多种性能不同的石膏，主要有建筑石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ）、无水石膏（ CaSO_4 ）、二水石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ），也称生石膏。

一、建筑石膏的生产

将天然二水石膏（或主要成分为二水石膏的化工石膏）加热，由于加热方式和温度不同，可生产不同性质的石膏品种。

1. 建筑石膏

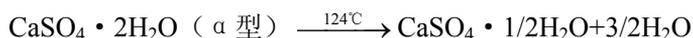
将天然二水石膏在常压下加热到 107~170℃，可生成 β 型半水石膏，再经磨细得到的白色粉状物，即为建筑石膏：



建筑石膏晶体较细，调制成一定稠度的浆体时，需水量大，所以硬化后的建筑石膏制品孔隙率大，强度较低。

2. 高强石膏

将天然二水石膏在 124℃、0.13MPa 的压力条件下蒸压脱水，可得到 α 型半水石膏，磨细后即为一高强石膏，其反应式如下：



高强石膏晶体粗大，比表面积较小，调制成塑性浆体时需水量只有建筑石膏的一半左右。因此硬化后具有较高的强度和密实度，3h 强度可达到 9~24MPa，7d 强度可达 15~40MPa。高强石膏用于强度要求较高的抹灰工程、装饰制品和石膏板。在高强石膏中加入防水剂，可用于湿度要求较高的环境中。

3. 无水石膏、死烧石膏和煨烧石膏

当加热温度超过 170℃ 时，石膏中残留很少的水，凝结硬化非常缓慢，即生成无水石膏 CaSO_4 。当加热高于 400℃ 时，石膏完全失去水分成为不溶性硬石膏，失去凝结硬化能力，成为死烧石膏。当温度高于 800℃ 时，部分石膏会分解出 CaO ，经磨细后称为煨烧石膏。由于其中 CaO 激发作用，煨烧石膏经水化后能获得较高的强度、耐磨性和耐水性。

二、建筑石膏的凝结与硬化

建筑石膏遇水将重新水化成二水石膏，形成可塑的浆体，但很快就失去塑性、产生强度，并发展成为坚硬的固体，这一过程称为石膏的凝结硬化。石膏的凝结硬化是一个连续的溶解、水化、胶化、结晶的过程，其本质是建筑石膏与水之间发生了化学反应，其反应式如下：



这一反应是建筑石膏生成的逆反应，其主要区别是此反应是在常温下进行的。半水石膏极易溶于水，加水后很快达到饱和溶液而分解出溶解度低的二水石膏胶体。由于二水石膏的析出，溶液中的半水石膏转变为非饱和状态，这样，又有新的半水石膏溶解，接着继续重复水化、胶化的过程，随着析出的二水石膏胶体晶体的不断增多，彼此互相联结，使石膏具有了强度。同时溶液中的游离水分不断蒸发减少，结晶体之间的摩擦力、黏结力逐渐增大，石膏强度也随之增加，至完全干燥，强度停止发展，最后成为坚硬的固体。

浆体的凝结硬化是一个连续进行的过程。从加水开始拌和到浆体开始失去可塑性的过程称为浆体的初凝，对应的这段时间称为初凝时间；从加水开始拌和到浆体完全失去可塑性，并开始产生强度的过程称为浆体的终凝，对应的时间称为浆体的终凝时间。建筑石膏凝结硬化较快，一般初凝不早于 3min，终凝不迟于 30min。

三、建筑石膏的技术性质

根据国家标准《建筑石膏》(GB/T9776—2008)，建筑石膏按 2h 强度（抗折）分为 3.0、2.0、1.6 三个等级。质量等级也相应分为三级，即优等品、一等品、合格品。建筑石膏技术指标应符合表 2-7 的规定。

表 2-7 建筑石膏技术标准 (GB/T9776—2008)

等级	细度 (0.2mm 方孔筛筛余量) %	凝结时间/min		2h 强度/MPa	
		初凝	终凝	抗折	抗压
3.0	≤10	≥3	≤30	≥3.0	≥6.0
2.0				≥2.0	≥4.0
1.6				≥1.6	≥3.0

1. 凝结硬化快

建筑石膏加水后 10min 内可完成初凝，30min 可完成终凝。因初凝时间较短，为满足施工要求，常掺入缓凝剂，以延长凝结时间。可掺入石膏用量 0.1%~0.2%的动物胶，或掺入 1%的酒精，也可以掺入硼砂或柠檬酸等。

2. 硬化后体积微膨胀、装饰性好

石膏在凝结过程中体积产生微膨胀，其膨胀率约 0.5%~1%，而且不开裂。这一性质使

石膏制品造型清晰饱满、尺寸精确，加之石膏质地细腻，颜色洁白，特别适合用于制作建筑装饰件及石膏模型等。但受潮后，颜色发黄失去装饰性。

3. 孔隙率大、质量轻

为使石膏具有必要的可塑性，通常加水量比理论需水量多得多（加水量为石膏用量的60%~80%，而理论用水量只为石膏用量的18.6%），硬化后由于多余水分的蒸发，内部的孔隙率很大。因此石膏制品的表观密度小，热导率小，吸声性、吸湿性好，可调节室内温度和湿度。

4. 防火性好，耐火性差

由于硬化的石膏中结晶水含量较多，遇火时，这些结晶水吸收热量蒸发，形成蒸汽幕，阻止火势蔓延，同时表面生成的无水物为良好的绝缘体，起到防火作用。但二水石膏脱水后强度下降，故耐火性差。

5. 可加工性好

建筑石膏硬化后具有微孔结构，硬度也较低，所以石膏制品可锯、可刨、可钉，易于连接，具有良好的可加工性能，为安装施工提供了很大方便。

6. 保温性和吸声性好

建筑石膏孔隙率大，且孔隙多呈微细的毛细孔，所以导热系数小，保温、隔热性能好。同时，大量开口的毛细孔隙对吸声有一定的作用，因此建筑石膏具有良好的吸声性能。

7. 强度低、耐水性差

由于硬化后建筑石膏的孔隙率较大，二水石膏又微溶于水，具有很强的吸湿性和吸水性，如果处在潮湿环境中，晶体间的黏结力削弱，强度显著降低，通常石膏硬化后的抗压强度只有3~5MPa，且遇水后晶体溶解而引起破坏。所以石膏及制品的耐水性较差，不能用于潮湿环境和水中。

四、建筑石膏的应用

（一）室内抹灰及粉刷

建筑石膏常被用于室内抹灰和粉刷。建筑石膏加砂、缓凝剂和水拌和成石膏砂浆，用于室内抹灰，其表面光滑、细腻、洁白、美观。石膏砂浆也可作为腻子用做油漆等的打底层。建筑石膏加缓凝剂和水拌和成石膏浆体，可作为室内粉刷的涂料。

（二）制作石膏板、石膏浮雕等装饰件

建筑石膏具有凝结快、体积稳定、装饰性强、不老化、无污染等特点，是良好的室内装饰材料。常用的石膏板有纸面石膏板、石膏纤维板、石膏刨花板、石膏板、空心板等，石膏板可用于建筑物的内墙、顶棚等部位。

石膏浮雕装饰件包括装饰石膏线脚、花饰系列、艺术顶棚、灯圈、浮雕壁画等。石膏装饰线脚为长条状装饰件，多用高强石膏或加筋建筑石膏制作，表面呈雕花形或弧形，主要用于建筑物室内装饰。

（三）其他应用

建筑石膏可作为生产某些硅酸盐制品时的增强剂，如粉煤灰砖等，在水泥的生产过程中加入适量石膏能延缓水泥的凝结时间，石膏也可用于油漆或粘贴墙纸等的基层找平。

五、石膏的验收与储运

建筑石膏一般采用袋装，可用具有防潮及不易破损的纸袋或其他复合袋包装；包装袋上应清楚标明产品标记、制造厂名、生产批号和出厂日期、质量等级、商标、防潮标志；运输、储存时不得受潮和混入杂物，不同等级的应分别储运，不得混杂；石膏的储存期为三个月（自生产日起算）。超过三个月的石膏应重新进行质量检验，以确定等级。

六、石膏制品的发展

石膏制品具有绿色环保、防火、防潮、阻燃、轻质、高强、易加工、可塑性好、装饰性强等特点，使得石膏及其制品备受青睐，具有广阔的发展空间。当前石膏制品的发展趋势有：用于生产石膏砌块、石膏条板等新型墙体材料；石膏装饰材料，如各种高强、防潮、防火又具有环保功能的石膏装饰板、石膏线条、灯盘、门柱、门窗拱眉等装饰制品及具有吸音、防辐射、防火功能的石膏装饰板；具有轻质、高强、耐水、保温的石膏复合墙体，如轻钢龙骨纸面石膏板夹岩棉复合墙体、纤维石膏板或有膏刨花板等与龙骨的复合墙体、加气（或发泡）石膏保温板或砌块复合墙体、石膏与聚苯泡沫板、稻草板等复合的大板，这些石膏复合墙体正逐渐地取代传统的墙体材料。

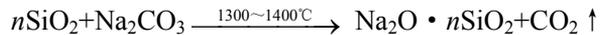
第三节 水玻璃

水玻璃俗称“泡花碱”，是由碱金属氧化物和二氧化硅结合而成的能溶于水的一种金属硅酸盐物质。根据碱金属氧化物种类的不同，分为硅酸钠水玻璃和硅酸钾水玻璃，工程中以硅酸钠水玻璃（ $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ ）最为常用。

一、水玻璃的生产

硅酸钠水玻璃的主要原料是石英砂、纯碱。将原料磨细，按比例配合，在玻璃熔炉内熔融而生成硅酸钠，冷却后得固态水玻璃，然后在水中加热溶解而成液体水玻璃。其反应

式为



式中， n 为水玻璃模数，即二氧化硅与氧化钠的摩尔数比。其值的大小决定水玻璃的性质。 n 值越大，水玻璃的黏度越大，黏结能力越强，易分解、硬化，但也难溶解，体积收缩也大。建筑工程中常用水玻璃的 n 值，一般为 2.6~2.8 之间。

水玻璃的生产除上述介绍的干法外还有湿法。湿法是将石英砂和苛性钠溶液在压蒸锅内用蒸汽加热，并加以搅拌，使其直接反应生成液体水玻璃。

液体水玻璃常含杂质而呈青灰色、绿色或微黄色，以无色透明的液体水玻璃为最好。液体水玻璃可以与水按任意比例混合。使用时仍可加水稀释。在液体水玻璃中加入尿素，在不改变其黏度下可提高黏结力。

二、水玻璃的硬化

水玻璃在空气中与二氧化碳作用，析出二氧化硅凝胶，凝胶因干燥而逐渐硬化。水玻璃的凝结硬化过程很慢，为加速硬化，可掺入适量的固化剂，如氟硅酸钠（ Na_2SiF_6 ）或氯化钙。氟硅酸钠的适宜掺量为水玻璃重量的 12%~15%，氟硅酸钠具有毒性，操作时应注意安全。

三、水玻璃的性质

1. 黏结强度较高

水玻璃有良好的黏结能力，硬化时析出的硅酸凝胶呈空间网络结构，具有较高的胶凝能力，因而黏结强度高。此外，硅酸凝胶还有堵塞毛细孔隙而防止水渗透的作用。

2. 耐热性好

水玻璃不燃烧，在高温下硅酸凝胶干燥得更加强烈，强度并不降低，甚至有所增加。故水玻璃常用于配置耐热混凝土，耐热砂浆，耐热胶泥等。

3. 耐酸性强

水玻璃能经受除氢氟酸、过热（ 300°C 以上）磷酸、高级脂肪酸或油酸以外的几乎所有的无机酸和有机酸的作用，常用于配制水玻璃耐酸混凝土、耐酸砂浆、耐酸胶泥等。

4. 耐碱性、耐水性较差

水玻璃在加入氟硅酸钠后仍不能完全硬化，仍有一定量的水玻璃。由于水玻璃可溶于碱，且溶于水，硬化后的产物 Na_2CO_3 及 NaF 均可溶于水，所以水玻璃硬化后不耐碱、不耐水。为提高耐水性，可采用中等浓度的酸对已硬化的水玻璃进行酸洗处理。

四、水玻璃的应用

1. 配制快凝防水剂

以水玻璃为基料，加入二种、三种或四种矾配制而成二矾、三矾或四矾快凝防水剂。这种防水剂凝结迅速，一般不超过 1min，工程上利用它的速凝作用和黏附性，掺入水泥浆、砂浆或混凝土中，作修补、堵漏、抢修、表面处理用。因为凝结迅速，不宜配制水泥防水砂浆，用做屋面或地面的刚性防水层。

2. 配制耐热砂浆、耐热混凝土或耐酸砂浆、耐酸混凝土

以水玻璃为胶凝材料，氟硅酸钠做促凝剂，耐热或耐酸粗细骨料按一定比例配制而成。水玻璃耐热混凝土的极限使用温度在 1200℃ 以下。水玻璃耐酸混凝土一般用于储酸槽、酸洗槽、耐酸地坪及耐酸器材等。

3. 涂刷建筑材料表面，可提高材料的抗渗和抗风化能力

用浸渍法处理多孔材料时，可使其密实度和强度提高。对黏土砖、硅酸盐制品、水泥混凝土等均有良好的效果。但不能用以涂刷或浸渍石膏制品，因为硅酸钠与硫酸钙会发生化学反应生成硫酸钠，在制品孔隙中结晶，体积显著膨胀，从而导致制品的破坏。用液体水玻璃涂刷或浸渍含有石灰的材料，如水泥混凝土和硅酸盐制品等时，水玻璃与石灰之间起反应生成的硅酸钙胶体填充制品孔隙，使制品的密实度有所提高。

4. 加固地基，提高地基的承载力和不透水性

将液体水玻璃和氯化钙溶液轮流交替压入地基，反应生成的硅酸凝胶将土壤颗粒包裹并填充其空隙。硅酸胶体为一种吸水膨胀的冻状凝胶，因吸收地下水而经常处于膨胀状态，阻止水分的渗透而使土壤固结。

另外，水玻璃还可用做多种建筑涂料的原料。将液体水玻璃与耐火填料等调成糊状的防火漆，涂于木材表面，可抵抗瞬间火焰。



本章小结

本章主要介绍石灰、石膏、水玻璃等气硬性胶凝材料。通过本章的学习，要求了解气硬性胶凝材料与水硬性胶凝材料的概念，侧重理解石灰、石膏的熟化及硬化过程；重点掌握石灰、石膏的主要特性及应用；了解水玻璃的硬化特点、性质及用途。



思考与练习

1. 何谓气硬性胶凝材料、水硬性胶凝材料，两者差异是什么？
2. 生石灰、熟石灰、建筑石膏的主要成分是什么？它们各有哪些技术性质及用途？

建筑材料

3. 石灰膏使用前为什么要“过筛和陈伏”？
4. 石灰的主要技术性质有哪些？
5. 石灰主要应用在哪些方面？为什么石灰本身不耐水，但用石灰配制的灰土和三合土却具有较高的强度和耐水性？
6. 建筑石膏的主要技术性质有哪些？