

实用混凝土技术

刘晓燕 郑光和 编著

中国建材工业出版社

内 容 简 介

混凝土是当今世界使用量最大、最广泛的建筑材料。随着建筑业和科学技术的飞速发展,混凝土的品种也日益增多。

本书从实用出发,介绍了生产制作混凝土的各种胶凝材料、骨料和外加剂的特点、技术指标及使用方法,论述了影响普通混凝土强度、变形和耐久性的主要因素及控制措施,并紧密结合规范,提出了近百种混凝土的配合比设计要点、性能及使用方法。本书对从事建材实验及科研、建材生产、建筑施工、建筑设计的技术人员、大中专学生和技术工人来说,是一本实用性强、内容丰富、通俗易懂的工具书。

实用混凝土技术

刘晓燕 郑光和编著

责任编辑 刘捷 青杉

*

中国建材工业出版社出版发行

(北京百万庄国家建材局院内)

黄委会设计院印刷厂印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/32 印张:6 字数:140 千字

1993 年 4 月第 1 版 1993 年 4 月第一次印刷

印数:1—3000 册 定价:4.00 元

ISBN 7-80090-223-4/TU·34

前 言

本书是作者在阅读国内外大量混凝土论著的基础上,结合科研和生产实践,兼融各家混凝土著作之长而编写的一本以实用为宗旨的技术读物。本书力求用最短的篇幅囊括最丰富的内容,收入 30 余种胶凝材料、近百种混凝土材料的特点、功用、配合比设计要点和试验结果的分析处理方法。

本书由刘晓燕、郑光和编著,刘晓燕负责全书的初稿编写和统稿工作。邵青、康占芯、周永海等参加了本书部分编写和整理工作,魏民绘制了书中全部插图。武汉水利电力学院王国欣教授、方坤河教授(国家级专家)、黄河水利委员会水利科学研究院于秦高级工程师审阅全部书稿,提出许多指导意见。

书中不当之处,恳请专家、同行指正。

作 者

一九九三年元月于郑州

序

混凝土材料仍然是当今世界上使用量最大、最广泛的建筑材料。随着科学技术和我国经济建设的发展,传统的混凝土需求量日益增长,各种特殊用途的混凝土也应运而生。普及混凝土技术知识,让更多的人了解掌握混凝土技术,对促进经济建设的发展无疑具有重要的意义。

《实用混凝土技术》这本书从实用角度出发,通俗易懂地介绍了经济建设各个领域中所取得的混凝土技术新经验和新成果。本书篇幅虽少,但内容十分丰富,也相当全面,是一本集科学试验成果、工程实践经验、技术规范标准于一体的混凝土技术参考书,具有实际的应用价值和指导意义。

当前我国土木工程建设正在迅速发展,对混凝土工程的质量控制、节约原材料、降低造价和新技术的推广等方面都提出了更高的要求,相信《实用混凝土技术》的出版定会受到从事建筑材料实验和科学研究、土木工程建筑设计、施工的技术人员、大中专学生的重视和欢迎,并能对我国混凝土技术的发展和提高起到促进作用。

王国欣

1993年元月30日

目 录

第 1 章 绪论	1
----------------	---

第 2 章 混凝土的胶凝材料	5
----------------------	---

2.1 石膏——2.2 石灰——2.3 水玻璃——2.4 镁质胶凝材料——	
2.5 硅酸盐水泥——2.6 普通水泥——2.7 矿渣水泥——2.8 石膏矿渣	
水泥——2.9 低熟料矿渣水泥——2.10 钢渣水泥——2.11 火山灰水泥	
——2.12 粉煤灰水泥——2.13 无熟料水泥——2.14 硅酸盐大坝水泥	
——2.15 矿渣大坝水泥——2.16 快硬硅酸盐水泥——2.17 矾土水泥	
——2.18 抗硫酸盐水泥——2.19 超早强水泥——2.20 氟铝酸盐快硬	
水泥——2.21 膨胀水泥及自应力水泥——2.22 油井水泥:45℃油井水	
泥,75℃油井水泥,95℃油井水泥,高温油井水泥,超深井水泥,胶质油井	
水泥,纤维油井水泥,膨胀油井水泥——2.23 白色硅酸盐水泥——2.24	
彩色水泥——2.25 无宏观缺陷水泥——2.26 硅粉水泥——2.27 道路	
硅酸盐水泥——2.28 磷渣水泥——2.29 锂渣水泥——2.30 碱矿渣水	
泥——2.31 稻壳灰水泥(RHA)——2.32 沸腾炉燃煤固硫渣水 泥 ——	
2.33 沥青:石油沥青,煤沥青——2.34 有机高分子材料:聚氯乙烯树脂,	
环氧树脂,呋喃树脂,有机硅树脂,107 胶,白胶	

第 3 章 普通水泥混凝土	38
---------------------	----

3.1 普通混凝土的强度:制备方法,养护方法,试验条件,原材料及	
配比,抗压强度与其它强度的关系,混凝土强度的本质——3.2 混凝土	
的变形性能:徐变,干缩湿胀性,温度变形,极限应变,早期裂缝,硬化混	
凝土的裂缝,自愈现象,泊桑比——3.3 普通混凝土的耐久性:抗渗性,	
抗冻性,抗侵蚀性,抗冲磨性,碳化,碱骨料反应——3.4 普通混凝土的	

热学性能;水化热,导温系数,导热系数,比热——3.5 新拌混凝土的性能;和易性,容重,凝结时间,含气量——3.6 配合比设计

第4章 其它混凝土 80

4.1 房建水泥混凝土——4.2 水工水泥混凝土——4.3 海洋水泥混凝土——4.4 隧道水泥混凝土——4.5 道路水泥混凝土——4.6 水玻璃耐酸混凝土——4.7 硫磺耐酸混凝土——4.8 沥青耐酸碱盐混凝土——4.9 水泥耐酸碱混凝土——4.10 聚合物混凝土(PC)——4.11 聚合物水泥混凝土(PCC)——4.12 聚合物浸渍混凝土(PIC)——4.13 防辐射混凝土——4.14 耐火(热)混凝土——4.15 耐油混凝土——4.16 防水混凝土:骨料级配防水混凝土,普通防水混凝土,引气剂防水混凝土,减水剂防水混凝土,三乙醇胺防水混凝土、三氯化铁防水混凝土,特种水泥防水混凝土——4.17 特细砂混凝土——4.18 无砂大孔混凝土——4.19 纤维混凝土:钢纤维混凝土,玻璃纤维混凝土,植物纤维混凝土,石棉纤维混凝土,矿物纤维混凝土,碳纤维混凝土——4.20 纤维聚合物混凝土——4.21 磁化水混凝土——4.22 流态混凝土——4.23 大流动性混凝土——4.24 泵送混凝土——4.25 喷射混凝土——4.26 水下浇筑混凝土——4.27 预填骨料(压浆)混凝土——4.28 真空混凝土——4.29 水泥裹砂(SEC)混凝土——4.30(超)高强混凝土——4.31 自应力混凝土及收缩补偿混凝土——4.32 轻骨料混凝土——4.33 粉煤灰混凝土——4.34 硅粉混凝土——4.35 稻壳灰混凝土——4.36 淤砂混凝土——4.37 白色混凝土——4.38 彩色混凝土——4.39 钢屑混凝土——4.40 上釉混凝土——4.41 发光混凝土——4.42 不发火花混凝土——4.43 干硬性混凝土——4.44 碾压混凝土——4.45 太阳能养护混凝土——4.46 热拌混凝土及冷拌混凝土——4.47 寒期混凝土和暑期混凝土——4.48 耐低温混凝土——4.49 导电混凝土——4.50 细粒混凝土:砌筑砂浆,抹面砂浆,小石子砂浆,防水砂浆,勾缝砂浆,钢丝网水泥砂浆,预缩砂浆,接缝砂浆,水泥土,三聚磷酸钠固结土,SN₁₆化学固结土——4.51 石膏混凝土——4.52 粘土混凝土——4.53 石灰混凝土——4.54 石灰火山灰混凝土——4.55 金属混凝土——4.56 硅酸盐混凝土:粉煤灰砖,.

灰砂砖,炉渣砖,粉煤灰砌块——4.57 多孔混凝土——4.58 加气混凝土——4.59 泡沫混凝土——4.60 充气混凝土——4.61 矿渣及全矿渣混凝土——4.62 碱矿渣混凝土——4.63 FASC 混凝土——4.64 碳化混凝土;碳化砖——4.65 菱镁木屑混凝土——4.66 模袋混凝土——4.67 水中凝固混凝土——4.68 沸石粉混凝土——4.69 硼泥混凝土——4.70 钢筋混凝土

附录 1 普通混凝土的非破损检测方法简介172

1.1 回弹法——1.2 超声波法——1.3 超声回弹综合法——1.4 贯入阻力法——1.5 拉拔法——1.6 测钉压入法——1.7 钻芯法——1.8 瞬态激振反射波法

附录 II 普通混凝土快速测强方法简介183

2.1 沸水、热水、温水养护法——2.2 促凝压蒸法

附录 III 常用建筑材料物理力学指标汇总表185

附录 IV 混凝土强度等级与标号换算表185

参考文献186

第 1 章 绪 论

混凝土是当代建筑业最广泛使用的建筑材料。它具有较高的强度和耐久性,而且随着原材料种类和配合比例的不同,可以得到不同的物理力学性能,以满足不同的工程要求;其拌合物具有较好的可塑性,故而可以按工程结构要求,浇筑成不同形状尺寸的整体结构或构件;混凝土与其它材料有着很强的复合能力,从而获得了优异的特殊功能,拓宽了混凝土的应用范围;混凝土的原材料资源丰富,而且近代大工业所排出的废料,又为生产混凝土提供了丰富而价廉的胶凝材料、骨料和外加剂。因此,从摩天大楼、地下建筑、道路隧道,到江河湖海建筑和核反应堆工程;从高达 $2000\sim 3000^{\circ}\text{C}$ 的高温工程,到低至 $-160\sim -170^{\circ}\text{C}$ 的低温工程,无处不有混凝土的足迹。可以说,混凝土已经成为支撑现代文明世界的主要物质基础。可以预料,下个世纪,混凝土的用量仍将有增无减。

混凝土是由胶结材料(包括有机的、无机的、有机无机复合的)、颗粒状集料、水、必要时加入的化学外加剂和矿物掺合料等组分,经合理组配、硬化后所形成的具有堆聚结构的复合材料。从最早的粘土混凝土,到今天随处可见的水泥混凝土,它的应用已经有了几千年的历史。随着建筑业的飞速发展,要求混凝土具有不同的性能,以满足各种工程结构和构筑物的需要,从而形成了一个庞大的混凝土家族。

按原材料的构成特点,混凝土可分为:水泥混凝土、硅酸盐混凝土、石膏混凝土、粘土混凝土、石灰混凝土、水玻璃混凝

土、沥青混凝土、硫磺混凝土、磷质胶材混凝土、镁质胶材混凝土、锂质胶材混凝土、聚合物混凝土、金属混凝土、钢屑混凝土、锯末混凝土、磁化水混凝土、细砂及特细砂混凝土、淤砂混凝土、轻骨料混凝土、粉煤灰混凝土、硅粉混凝土、沸石粉混凝土、稻壳灰混凝土、上釉混凝土、细粒混凝土、无砂大孔混凝土、加气混凝土、钢筋混凝土、纤维混凝土等几十种。

按混凝土的用途,可分为耐酸混凝土、耐碱混凝土、耐油混凝土、耐火(热)混凝土、耐低温混凝土、防水混凝土、防辐射混凝土、发光混凝土、装饰混凝土、不发火花混凝土、导电混凝土、房建混凝土、水工混凝土、道路混凝土、海洋混凝土、隧道混凝土等几十种。

按施工工艺分类,可有:预填骨料混凝土、碾压混凝土、真空混凝土、喷射混凝土、泵送混凝土、水泥裹砂混凝土、水下浇筑混凝土、太阳能混凝土、模袋混凝土、热拌混凝土、冷拌混凝土等。

此外,还可根据容重的大小,将混凝土分为重混凝土($r > 2500\text{kg/m}^3$)、普通混凝土($r = 1900 \sim 2500\text{kg/m}^3$)、轻质混凝土($r = 500 \sim 1900\text{kg/m}^3$)、特轻混凝土($r < 500\text{kg/m}^3$);根据强度的高低,分为普通混凝土(抗压强度小于 50MPa)、高强混凝土($50 \sim 100\text{MPa}$)、超高强混凝土(大于 100MPa);根据拌合物稠度的大小,分为干硬性混凝土($\text{Slump} \leq 0\text{cm}$, $V_B > 30\text{s}$)、塑性混凝土($\text{Slump} = 1 \sim 8\text{cm}$)、大流动性混凝土($\text{Slump} = 10 \sim 15\text{cm}$)、流态混凝土($\text{Slump} > 16\text{cm}$)等。

混凝土的品种、质量及规格,直接影响着各项建筑工程的坚固性、耐久性、适应性和经济性,并在一定程度上影响着建筑工程的结构型式和施工方法。建筑工程中许多问题的突破,

往往依赖于混凝土问题的解决。为适应建筑业的飞速发展,今后的混凝土技术应在以下几个方面取得长足的进展:

(1)高强度。目前,我国使用的混凝土标号一般为 100~300 号,但对一些大跨度梁板、摩天大厦及高强桩等特殊工程,往往需要混凝土达到 500~1000 号以上。事实上,对一般混凝土工程,在一定范围内和一定技术条件下,适当提高混凝土标号同样具有明显的技术经济效益。因此,高强度已经成为混凝土科学技术近期主攻的方向之一。

(2)快硬早强化。一般,混凝土约需 10h 才能硬化,28d 才能达到设计标号,这种凝结硬化速度不但拖延工期,而且不能满足紧急工程的要求。

(3)轻质化。近年不断出现的高层建筑物,要求混凝土不但应具备高强快硬的特点,而且还要求轻质,以减轻结构的自重和基础的荷载。

(4)特殊性能的提高。根据建筑物的运行条件和工作环境,往往要求混凝土应具备一些特殊功能,如耐火、耐热、耐冻、耐磨、耐冲击、耐油、防水、防辐射、发光、不发火花、装饰、易加工、保温、柔软等性能,以取代金属、陶瓷、木材等。

(5)充分利用废弃料。可供生产混凝土使用的废料,包括各种冶金废渣、化工废渣(液)、燃料渣、矿山废石及尾矿、废旧混凝土、城乡垃圾、农林废弃物、工业废水、工业废气(CO_2)、淤积泥沙、碎砖乱石等,以变废为宝,降低工程造价,化害为利,改善人们的生活环境。

(6)革新施工工艺。混凝土施工工艺的革新,往往决定着建筑物的工期和造价,甚至结构型式。如近年大量采用的泵送混凝土和碾压混凝土就是以其施工工艺方面突出的优越性而

得到了迅速发展。

(7)不断革新混凝土的质量检测技术,以确保建筑物的质量。近年来,光学、声学、电子学和电子计算机的发展为混凝土质量检测手段的革新创造了有利条件。

总之,混凝土科学是一门古老而又年轻的学科,其原材料的选择、性能的提高、工艺的变革、能耗及料耗的节约、使用范围的扩大等,都已经取得并将继续获得更大的进展。

第 2 章 混凝土的胶凝材料

胶凝材料是指经过自身的物理化学作用后,能够由液态或半固态变成坚硬固体,并能把散粒的或块状的材料胶结成为一个整体的物质。胶凝材料是形成混凝土的基础。

胶凝材料可分无机胶凝材料和有机胶凝材料两类。

无机胶凝材料又可分气硬性和水硬性两类。气硬性胶凝材料只能在空气中硬化,并保持或继续提高其强度。属于这类材料的有石灰、石膏、水玻璃和镁质胶凝材料等。水硬性胶凝材料不仅能在空气中而且能更好地在水中硬化,并继续提高其强度,属于这类材料的有硅酸盐水泥及其它品种的水泥等。气硬性胶凝材料只能用于地面上干燥环境的建筑物;水硬性胶凝材料既可用于地上,也可用于地下和水中建筑物。

还有一种无机胶凝材料,使用时,应先将其加热至熔融,而后靠自身的冷却硬化,把骨料胶结起来,如硫磺、金属等。

有机胶凝材料包括沥青及合成树脂等。

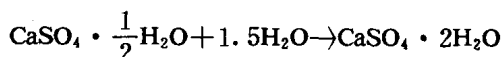
2.1 石膏

石膏是一种气硬性胶凝材料,是由天然二水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,也叫生石膏)经煅烧脱水而成的。

建筑工程中常使用的石膏,是将天然二水石膏在 $107 \sim 170^\circ\text{C}$ 温度下煅烧分解而成的半水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$),亦称熟石膏。建筑石膏为白色粉末,比重 $2.6 \sim 2.8$,松散容重为 $1000 \sim 1200\text{kg}/\text{m}^3$ 。

建筑石膏遇水时,将重新水化成二水石膏,形成坚硬的石

状物体。反应如下：



建筑石膏凝结硬化很快，一般终凝不超过半小时。硬化时体积稍有膨胀，但不会出现裂缝，不象石灰和水泥那样出现收缩。所以，纯石膏浆可以浇注成尺寸准确、表面光滑细致的构件。石膏硬化后，内部具有大量孔隙，孔隙率可达 50%~60%，故其容重小（400~900kg/m³），导热系数低（0.121~0.206kcal/(m²·h·℃)，强度也较低。

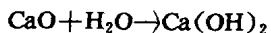
建筑石膏硬化后具有很强的吸湿性。吸湿后，晶体溶解引起破坏。晶体间粘接力减弱，强度显著下降，而且吸水后受冻，易崩裂，所以建筑石膏的耐水性和抗冻性都很差。当石膏遇火时，由于二水石膏中的结晶水蒸发，吸收热量，表面生成的无水物是良好的热绝缘体，故石膏的防火性好。

建筑石膏强度不高，在建筑上多与石棉、刨花、木屑、纸浆等制成保温隔热板，作室内装饰之用。也可单独使用，一般做石膏抹面灰浆。

2.2 石灰

石灰是将以碳酸钙（CaCO₃）为主要成分的石灰岩、白云石等天然材料经过适当温度（900~1300℃）煅烧，尽可能分解和排除二氧化碳而得到的主要含 CaO 的胶凝材料。煅烧良好的石灰块，呈白色，质轻色均。煅烧时，如温度过低，则产生欠火石灰；若温度过高，则产生过火石灰。

石灰在使用前，都要加水进行熟化。熟化后的石灰称为熟石灰或消石灰，其主要成分是 Ca(OH)₂。



在熟化过程中,放出大量的热,体积膨胀约 1.5~3.5 倍。根据熟化时加水量的不同,块状石灰可变为粉状或浆状。过火石灰的表面有一层深褐色的玻璃状硬壳,所以熟化很慢,当用于建筑物上以后,可能继续熟化发生膨胀,常引起裂缝或局部脱落现象。而欠火石灰的中心部分仍是碳酸钙硬块,不能熟化,成为渣子。

石灰的硬化包括两个同时进行的过程:

(1)石灰浆中水分逐渐蒸发,或被周围砌体所吸收,氢氧化钙从饱和溶液中析出结晶,并逐渐紧密起来。

(2)氢氧化钙吸收空气中二氧化碳,发生碳化作用,生成碳酸钙并放出水分。

碳化作用主要发生在与空气接触的表面,当表层生成致密的碳酸钙薄膜后,不但阻碍二氧化碳继续往深处透入,同时也影响水分的蒸发,因此在砌体深处, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 不能充分碳化,而是进行结晶。

石灰浆的硬化既然是由于碳化作用及水分的蒸发,故必须在空气中进行。又由于氢氧化钙能溶于水,因而不能用于与水接触或潮湿环境下的建筑物中。

纯石灰浆在硬化时会发生收缩裂缝,所以在工程上常配制成石灰砂浆使用。掺入砂子除能构成坚强的骨架,以减少收缩并节约石灰外,还能形成孔隙,使内部水分易于蒸发,二氧化碳易于透入,有利于硬化过程的进行。

石灰在建筑上应用很广,主要与砂子和麻刀、纸筋等混合调成砂浆,可作砌筑砖石及抹灰之用。石灰与粘土可配成灰土,加入砂子可配成三合土,用于工程建筑地基处理。

2.3 水玻璃

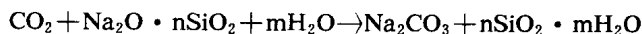
2.3.1 制作

水玻璃也叫泡花碱,其成分为 $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ 。其生产方法分干法和湿法两种。干法是将石英砂和 Na_2CO_3 磨细混匀,在玻璃熔炉内,于 $1573 \sim 1673\text{K}$ 温度下熔化,生成固体水玻璃。然后在水中加热,溶解即成液体水玻璃。湿法是将石英砂和 NaOH 溶液在蒸锅内($2 \sim 3$ 个大气压)用蒸汽加热拌合,直接生成液体水玻璃。

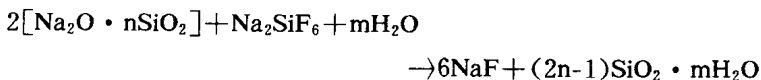
水玻璃的模数 n 一般为 $3.5 \sim 1.5$,建筑上 n 值常为 $2.6 \sim 2.8$,比重 $1.36 \sim 1.50$ 。水玻璃的浓度可通过加热浓缩或加水释稀来调整。 n 越大,粘度越大,粘结力越大,可溶性越差。要提高水玻璃的粘结性,可加入一些添加剂,如加入尿素可在不改变水玻璃粘度条件下,提高粘接能力 25% 。

2.3.2 硬化

水玻璃的硬化过程可用下式表示:

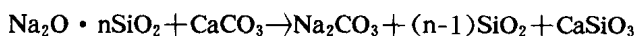


此过程很慢,可达数月之久。要加速上述过程,可将水玻璃加热或加入 Na_2SiF_6 (氟硅酸钠)作促硬剂,如下式:



Na_2SiF_6 的掺量,取水玻璃用量的 $12\% \sim 15\%$ 。一般地,水玻璃的 n 值越大或比重越小,凝结越快;但比重越大,粘度越大。

可见,水玻璃的硬化是硅胶的脱水过程。故若再浸水,硅胶就会溶解,使强度降低。某些不溶于水的固体盐类,如 CaCO_3 ,磨细后同水玻璃拌合得到的硬化物,具有一定的耐水性:



石英砂、石膏、石棉等都具有与 CaCO_3 类似的性能。

酒精、甲醇、醛、苯酚、丙酮、蛋白质等有机物也可促使水玻璃凝结。

2.3 用途

(1) 将水玻璃和聚乙烯醇按 1 : (1~2) 配合, 再加适量 CaCO_3 粉、颜料等, 可制成建筑涂料。

(2) 用液体水玻璃 ($n=3.3\sim3.5$) 直接涂刷或浸渍砖、石、水泥混凝土及硅酸盐制品等, 可提高其表面密实度和抗风化能力。

(3) 将液体水玻璃 ($n=2.5\sim3$) 和 CaCl_2 溶液交替注入土壤中, 两种溶液发生反应, 生成硅胶, 产生膨胀, 从而将土壤固结并防止水分渗透。

(4) 将水玻璃 ($n=2.7\sim2.8$) 掺入混凝土或砂浆, 可使其急速凝结硬化, 从而起到堵塞漏水的作用。

(5) 用于配制水玻璃矿渣砂浆, 以修补砖墙裂缝。

(6) 可用于配制耐酸、耐盐、耐火、防水混凝土及砂浆、涂料。

2.4 镁质胶凝材料

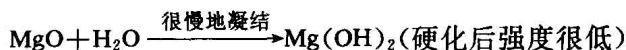
2.4.1 制作

镁质胶凝材料包括苛性菱苦土和苛性白云石。苛性菱苦土的原料是菱镁矿 (MgCO_3), 也含有一些 SiO_2 、粘土、 CaCO_3 等。在 $800\sim900^\circ\text{C}$ 温度下煅烧后磨细 (4900 目筛余 $\leq 25\%$) 则成苛性菱苦土 (MgO)。它呈白色或浅黄, 比重 $3.1\sim3.4$, 松散容重 $800\sim900\text{kg/m}^3$ 。苛性白云石的原料是白云石, 在 $650\sim700^\circ\text{C}$ 下, MgCO_3 已经分解, 而 CaCO_3 还未分解时, 将其磨细

则成苛性白云石。主要成分是 MgO 和 CaCO_3 。

2.4.2 凝结硬化

镁质胶凝材料的凝结硬化过程可用下式表示：



生产时的煅烧温度越高，水化越慢； MgO 的内比表面积越大，水化越快，但强度越低。

加入卤水 (MgCl_2) 可加速上述反应，且在干燥条件下，硬化快，强度高，硬化后的产物是氧氯化镁和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，它们先析出胶体而后成为晶体。当温度提高时，可加速硬化。 MgO/MgCl_2 之比值应为 4~6，否则不能形成稳定的水化相，从而使结构网局部破坏，强度降低。但氯盐吸湿大，结晶接触点溶解度高，因而抗水性小。为提高其抗水性，可加入少量磷酸、磷酸盐或水溶性树脂。

在镁质胶凝材料的凝结硬化反应式中，如加入 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 或 FeSO_4 (铁矾) 可较加卤水者耐水性更好，吸湿性小，但强度较低。

$\text{Mg}(\text{OH})_2$ 在常温下就可与 SiO_2 反应，尤其在蒸压条件下， MgO 与 SiO_2 之间的亲合力比 CaO 与 SiO_2 的亲合力更大，在 125~150℃ 时， MgO/SiO_2 之比值越大，完全水化所需要的时间越长。如当其比值为 1.5 时，水化需 14h，而当比值为 0.75 时，只需 2h。其水化产物为结晶滑石和湿石棉。另外，将 SiO_2 与 MgCO_3 混合可生成水化硅酸镁，它是获得强度的载体。故而用不经煅烧的、含 MgCO_3 的碳酸岩石和磨细砂制成蒸压制品是可能的。

2.4.3 用途