

中等专业学校试用教材

钻 探 工 程

(下 册)

长 春 地 质 学 校 编
昆 明 地 质 学 校

地 质 出 版 社

中等专业学校试用教材

钻 探 工 程

(下 册)

长春地质学校 编
昆明地质学校

地 质 出 版 社

内 容 提 要

《钻探工程》包括：绪论，岩石物理机械性质及破碎机理，硬质合金钻进，金刚石钻进，钢粒钻进，冲洗钻孔，岩矿心采取和编录，钻孔弯曲的预防、测量、矫正及定向钻进，护壁堵漏，孔内事故的预防与处理、水井成井工艺、浅孔石油钻探、钻探新方法、钻探生产管理等内容。

本书是中等地质专业学校钻探专业的试用教材，也可作野外地质队钻探工程技术人员参考。

本书系长春地质学校和昆明地质学校合编，由王世光、曹日照、王生、周声振、许维新等同志执笔，由刘玉华和刘霞等同志绘图。

钻 探 工 程

长春地质学校
昆明地质学校 编

地质部教育司教材室编辑
地质出版社出版
(北京西14)
地质印刷厂印刷
(北京和平路4号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1979年12月北京第一版·1979年12月北京第一次印刷

印数1-9,590册·定价2.00元

统一书号：15038·教64

目 录

第八章 护壁与堵漏	1
第一节 概述	1
第二节 水泥护孔	2
第三节 化学浆液护孔与堵漏	22
第四节 复杂地层的处理	44
第九章 钻探孔内事故的预防与处理	57
第一节 概述	57
第二节 处理孔内事故的基本方法	58
第三节 埋钻事故的预防与处理	70
第四节 烧钻事故的预防与处理	72
第五节 钻具挤夹, 卡阻事故的预防与处理	75
第六节 折断、脱落、跑钻事故的预防和处理	84
第七节 其它孔内事故的预防与处理	95
第十章 水井成井工艺	109
第一节 水文水井钻探的特点	109
第二节 钻井	112
第三节 换浆破壁与探井	120
第四节 下井管	121
第五节 填砾	151
第六节 止水	154
第七节 洗井	158
第八节 抽水试验	161
第九节 增加水井出水量的措施	171
第十一章 石油钻井概论	178
第一节 钻井机械及设备	178
第二节 钻井工艺	197
第三节 固井及油井完成	199
第四节 海上钻井	202
第十二章 钻进新方法介绍	206
第一节 冲击回转钻	206
第二节 孔底发动机钻进	208
第三节 钻探破碎岩石的新方法	213
第十三章 钻探工程管理	219
第一节 劳动组织与定额管理	220

第二节	钻探工作设计与日常技术管理	226
第三节	工程质量管理	238
第四节	钻探效率管理	253
第五节	钻探成本管理	259
第六节	钻探工程管理制度	264
第七节	安全生产	269

第八章 护壁与堵漏

第一节 概 述

一、护壁与堵漏的意义

保护孔壁是钻探工序的一个重要组成部分，钻头破碎岩石后形成钻孔，构成钻孔孔壁的岩石因失去原有的平衡稳定条件及外界诸因素（如钻具回转时对孔壁的敲打、冲洗液对孔壁的冲刷和浸泡润湿等等）的作用下，促使孔壁岩石垮落、坍塌堵塞了钻孔或将钻具、挤、掩埋在孔中，迫使正常钻进中断或造成孔内严重事故。当钻孔穿过破碎带、大裂隙、溶洞、老窿等地层，往往会出现孔内冲洗液大量漏失或钻孔严重涌水等情况，也会迫使正常钻进中断。上述情况不仅严重地影响了钻探生产的正常进行，也消耗了大量的人力、物力和时间来进行处理。如果处理不当，还可产生其它孔内事故，使孔内情况进一步恶化，甚至造成钻孔报废。钻孔的坍塌与漏失已成为提高钻探生产效率，降低钻探成本的严重障碍，也是目前推广小口径金刚石钻进的严重障碍。因此，有效地保护孔壁，防止坍塌掉块和漏失成为钻探生产中急待解决的问题。

二、护壁与堵漏的方法

目前常用的护壁与堵漏的方法有下列几种：

（一）泥浆护壁堵漏

岩心钻探中处理复杂地层最基本和最常用的方法就是进行泥浆护壁堵漏。在钻进过程中用泥浆冲孔除可以起到冷却钻头、润滑钻具，清除岩粉等冲洗基本作用外，还有其护壁的特殊作用。在岩心钻探中也经常遇到膨胀缩径，掉块坍塌、漏失、涌水等复杂地层，如能正确地使用泥浆冲孔钻进，在一定程度是可以预防和处理孔内复杂情况的。生产实践证明，使用泥浆护壁取得了良好的效果，在松散破碎等复杂地层实现了无套管钻进，不仅节约了大量的套管，也节省了下套管或专门进行处理的工时，为多快好省地完成地质岩心钻探任务创造了良好的条件。

（二）水泥护壁堵漏

水泥是一种应用很久的建筑材料，它与岩石颗粒表面有很高的胶结强度，在石油钻井中，用水泥进行堵漏或固井作业隔离油、气、水层。在地质勘探钻探工作中，利用水泥止水，处理复杂地层中的较严重的坍塌掉块，中等和严重程度的漏失等效果较好，是一种成本低，材料来源广的护壁堵漏材料。对处理孔内坍塌、漏失曾应用过很多类型的浆液，如普通水泥浆、胶冻水泥浆、水泥砂浆、快干水泥浆、速凝早强水泥浆（速效混合液）等。根据孔内不同情况选用不同的浆液，均能有效地胶结孔壁破碎的岩石防止坍塌、漏水。水泥浆液可用水泵送入或用专门灌注工具送入孔内。

随着我国水泥品种不断增加，新的水泥速凝，早强或缓凝剂的不断出现，水泥护壁堵漏方法的应用范围，必然会越来越广泛。

（三）化学浆液护壁堵漏

化学浆液用于防渗堵漏的历史虽然不长,但不同程度地收到了较好的效果,当前应用的品种类型有:水玻璃类(水玻璃——氯化钙,水玻璃——铝酸钠,水玻璃——水泥浆——氯化钙等);丙烯酰胺类(丙凝、丙强、TKH946、MG646、ZH656等);木质素类(木素、木胺等);聚胺脂类(氰凝、PM)和脲醛树脂等。上述浆液多用于工程基础加固,坝基防渗等灌浆方面。钻探中应用化学浆液,特别是有机高分子化学浆液,是近十几年的事情。脲醛树脂堵漏应用的稍早一些,氰凝堵漏近几年才开始研究试验和应用都取得了初步成果。

(四) 惰性材料充填堵漏

往孔内投入粘土球、水泥球、桐油石灰、砂子、纤维物质等,使破碎岩石粘结防止坍塌,或充填裂隙、溶洞以增加渗漏阻力,在其它浆液配合下达到护壁堵漏目的。此种方法早已为各野外队使用并积累了丰富的经验。

(五) 套管护壁堵漏

当钻孔遇到严重坍塌超径,大溶洞、老窿、地下河等严重漏失,用其它方法控制无效时,必须使用下套管或飞管(暗管或埋头套管)并配合套管底部止水的方法来护壁堵漏。

泥浆护壁与堵漏是最基本,最常用和最简便的一种方法,在钻孔坍塌、漏失不严重的情况下,只要能根据地层岩性的特点正确地调整泥浆的性能,使之符合地层岩性的特点,就能收到预期的效果。

套管护壁堵漏是一种最有效,最可靠的方法,它有许多优点,但它也有许多缺点如:

①下入套管层数愈多,钻孔的结构就愈复杂;②增加管材的消耗,在施工期长的钻孔或倾斜钻孔中,由于钻杆与套管之间的摩擦,使套管壁磨薄甚至磨漏;③当套管下的不牢时,在钻杆高速回转时的敲打下,容易发生套管脱落或折断造成孔内事故;④由于地层岩石的严重坍塌将套管埋住,给起拔套管造成困难,甚至起拔不出造成报废等。故在一般情况下最好尽量少用套管或不用套管护壁。

本章将着重介绍水泥护壁堵漏和化学浆液护壁堵漏。

第二节 水泥护孔

水泥是一种应用十分广泛的胶结材料,在工业、农业、国防和民用建筑等部门都要使用不同品种的水泥。在石油钻井中,使用水泥进行固井作业隔离油、气、水层。在地质勘探岩心钻探工作中,利用水泥做灌浆材料来护壁堵漏和封孔止水,在我国已有很长的历史。目前虽有化学浆液的出现与应用,但是水泥仍然是一种有广阔前途的灌浆材料。水泥具有材料来源广、产量大、便宜、固结强度高和抗渗透性能好等优点。但是由普通水泥浆液的凝结时间长,而不易准确控制,在动水条件下易被冲稀而流失,早期强度低,强度增长慢,可灌性能差等问题使其应用受到限制。

近年来,国内外有关部门在改善水泥性能方面做了大量的工作,生产了一些新品种水泥,研制了许多化学附加剂提高了水泥的可灌性,大大缩短了水泥的凝结时间,提高了早期强度,强度增长率加快,从而为水泥在钻孔护壁堵漏、封孔止水等方面的应用创造了良好的条件。

一、水泥

(一) 硅酸盐水泥

硅酸盐水泥又称波特兰水泥，是一种应用最广，产量最多的水泥。

普通硅酸盐水泥是由石灰石和粘土在 $1400\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 高温下锻烧所得，是以硅酸钙为主要成分的熟料中加入适量石膏、水硬性活性混合料（火山灰或炼铁高炉炉渣）和非水硬性填充混合料（石英砂、石灰岩等）后，磨成细粉，制成的水硬性胶凝材。

1. 硅酸盐水泥熟料的化学成分

普通硅酸盐水泥熟料的主要化学成分有： CaO 64~67%； SiO_2 21~24%； Al_2O_3 4~7%； Fe_2O_3 2~4%； MgO 、 SO_3 2~3%。

CaO 是水泥熟料中的主要成分，它和酸性氧化物（ SiO_2 ， Al_2O_3 ， Fe_2O_3 ）化合成具有活性（水硬性）的化合物。

SiO_2 也是水泥熟料中的重要成分。 SiO_2 分量较多，凝结时间慢，初期硬化速度也较慢，但后期强度较高，抗硫酸盐性也较好。

Al_2O_3 含量较多时，能加快水泥凝结硬化，但后期强度增长较慢。

Fe_2O_3 含量较多而 Al_2O_3 含量又较少时，将会延缓水泥凝结硬化。

MgO 和 SO_3 属于有害成分，含量多时会破坏体积安定性。

除此之外，水泥中还含有少量的 TiO_2 、 P_2O_5 、 Na_2O 、 K_2O 等成分，上述物质含量过多时都会有损于水泥的质量。

2. 硅酸盐水泥熟料的矿物成分

上述成分在锻烧过程中发生反应，锻烧后的熟料中生成下列四种主矿物：

硅酸三钙（ $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ）（简写为 C_3S ）含量40~60%；

硅酸二钙（ $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ）（简写为 C_2S ）含量15~35%；

铝酸三钙（ $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ）（简写为 C_3A ）含量6~15%；

铁铝酸四钙（ $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）（简写为 C_4AF ）含量10~18%。

上述几种矿物成分的个别特性和它们在熟料中的相对含量，基本上决定了水泥石的各种物理性质。

硅酸三钙的水化速度和凝结硬化较快，所得结石强度最高，早期和后期强度高，且不断增长，水化时放热量大。在硅酸盐水泥中它的含量最多，是决定水泥标号高低的最主要成份。

硅酸二钙的水化速度和凝结硬化较慢，早期强度不高，但后期强度可增进得相当高，它是保证水泥后期强度增长的主要成份。

铝酸三钙的水化速度和凝结硬化最快，早期强度高，但后期强度低。它是影响硅酸盐水泥早期强度和凝结快慢的主要成份，但因后期强度逐渐降低，所以它在水泥中的含量不宜过多。

铁铝酸四钙的水化速度仅次于 C_3A ，强度中等，它不是影响水泥标号的主要矿物。但在锻烧熟料的过程中，它能降低熟料熔融温度和熔融体粘度，有利于硅酸三钙的生成。

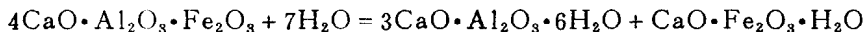
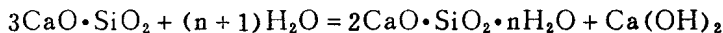
3. 硅酸盐水泥的凝结硬化过程

水泥和水搅拌成水泥浆时，最初呈流动状态，具有一定程度的粘性和塑性，然后逐渐变稠失去流动性和塑性，并慢慢变成固态，但尚无强度，这一过程叫凝结过程。以后逐渐变硬，产生一定强度，最后变成坚固的水泥石，这一过程叫做硬化。一般把水泥浆由流动

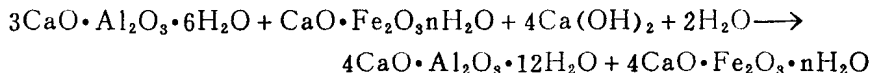
状态变为固态的初期阶段叫做凝结阶段。把成为固态逐渐变硬产生一定强度的阶段叫做硬化阶段。

(1) 水泥加水后的化学反应过程 水泥中加入水后, 水与水泥熟料发生的复杂化学反应, 一般是水解和水化反应以及水化产物间的二次反应过程。

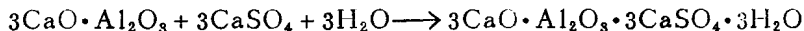
发生水解反应的主要是 C_3S 和 C_4AF , 反应后生成各种水化物及氢氧化钙 $Ca(OH)_2$, 其反应式如下:



由于析出的氢氧化钙, 使溶液中石灰浓度达到饱和, 各种矿物的水化也是在此饱和溶液中进行。石灰与生成的水化铝酸三钙和水化铁酸四钙作用生成碱性更高的水化铝酸四钙和水化铁酸四钙:



除了上述化学反应外, 铝酸三钙与水作用时, 还将先同石膏发生反应, 生成几乎不溶于水的针状水化硫铝酸钙结晶:



由上面的化学反应可以看出, 如果不考虑水泥中其它杂质的影响, 水泥水解水化后, 将主要生成: 氢氧化钙、水化硅酸钙、水化铝酸钙、水化铁酸钙、水化硫铝酸钙等五种成分, 水泥在硬化后所表现的若干特性, 就主要决定于这些生成物的性质及其相对含量。

(2) 水泥加水后的物理变化过程 水泥加水搅拌混合后, 随着发生化学反应的同时, 水泥浆的物理状态也发生剧烈的变化。水泥浆的凝结硬化过程大致可分为三个时期: 溶解期(准备期)、胶化期(结石期)和结晶期(硬化期)。

溶解期: 水泥加水后, 水泥浆中的水与水泥颗粒表面相互接触, 立即发生水解水化反应, 水化产物呈极细微的固体微粒分散在水溶液中, 然后水泥颗粒又露出新的表面, 继续与水反应, 这种作用一直进行到水泥颗粒周围的液体, 成为水化产物的饱和溶液为止。

胶化期: 溶液饱和后, 由于水化作用继续进行, 新生胶粒不断增加(包括石灰也析出胶粒), 游离水分子不断减少, 使水泥浆成凝胶状态, 并不断变浓以至失去塑性, 即出现凝结现象, 但还不具有强度, 此阶段化学反应放热量大, 温度高也有利于硬化过程。

结晶期: 氢氧化钙和水化产物由凝胶状态逐步转变为结晶状态, 这些结晶体贯穿于凝胶体中, 并互相结合起来, 而水继续透入水泥颗粒未水化部分, 继续水化, 胶凝和结晶, 使水泥结石硬化, 即强度不断增长。

水泥的凝结硬化过程是长期的过程, 开始阶段进行较快, 以后由于水泥颗粒周围凝胶膜的形成, 妨碍水分向内部深入, 因而凝结硬化过程逐渐减慢。一般 3—7 天内水泥石强度增长最快, 以后变慢, 3 个月后更慢。

(3) 水泥的凝结硬化速度 影响水泥凝结硬化速度的因素很多, 除前述水泥熟料的矿物成分外, 尚有水泥颗粒的细度、水灰比、温度和其它盐类、存放时间、外加附加剂等的影响。

水泥颗粒细度: 水泥颗粒的细度愈高, 其比表面积愈大, 水泥粉粒与水的接触面积越大。因此, 化学活性相应提高, 水化作用既迅速而且又充分, 凝结硬化也快, 早期强度亦

显著提高。根据国家标准要求,一般硅酸盐水泥颗粒通过91号(4900孔/厘米²)筛时,筛余量不得超过15%,而质量要求较高的水泥筛余量不应超过10%。

水灰比:水灰比是指配制水泥浆时加水量与水泥重量的比值,水灰比越大表示加水量越多。配制水泥浆时加水的作用有二:一是保证水泥水化和水解作用时有足够的水量;二是保证在搅拌和灌送水泥浆时有足够的流动性。水灰比对水泥的凝结硬化影响很大,水灰比愈大时水泥凝结时间愈长,水灰比愈小,水泥浆愈浓,则凝结时间缩短。配制水泥浆时加水量有一个极限制,当水灰比超过该极限值后,水泥的后期强度急剧下降,不透水性相应变坏,故在灌注水泥的工作中,应根据需要找出适当的水灰比,一般以不超过0.5为限,水灰比与水泥物理机械性能的关系见图8-1。

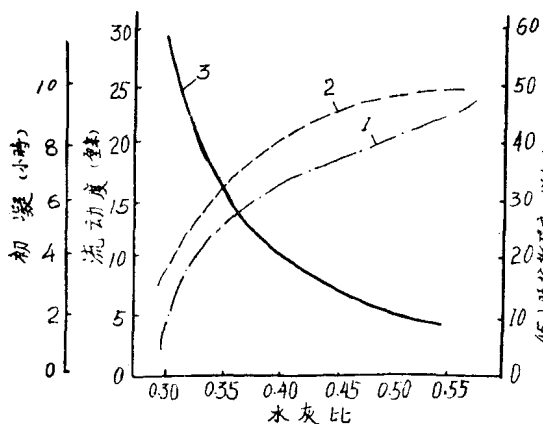


图 8-1 水灰比与凝结时间,流动性及抗折强度关系
1—初凝; 2—流动性; 3—抗折强度

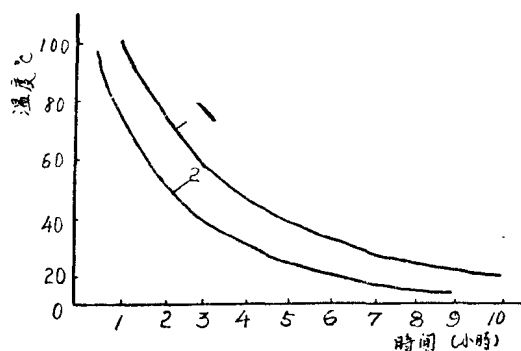


图 8-2 温度对水泥凝固时间的影响
1—终凝; 2—初凝

过去现场有时产生孔内水泥浆长期不凝固,其原因之一是水灰比不当,一般来讲多是水灰比偏大;二是由于灌注方法不当,使灌入孔内的水泥浆被孔内的水或压送水泥浆的高压水所混合稀释,使实际水灰比增大。

温度:水泥中各种矿物的水化速度随温度的增高而加大,所以水泥的凝结时间随温度增高而缩短。温度对硅酸盐水泥初凝和终凝的影响见图8-2。

其它盐类:钻进石膏、芒硝层或有硫酸盐的矿化水等都对硅酸盐水泥的凝固有较大的影响,硫酸盐会和硅酸盐水泥中水解出来的石灰及水化铝酸钙反应,而生成石膏及硫铝酸钙等结晶,这些在水泥结石内部的结晶使水泥石中产生内应力而破裂。

水泥附加剂:普通硅酸盐水泥具有凝固时间长,强度增加率慢,可灌性差等缺点,往往不能满足防坍、堵漏、防涌等特殊要求,为满足上述要求可以加入附加剂,这些药剂具有速凝、早强、塑化、充填等作用。

水泥的储存时间:水泥的质量与出厂时间有关,因为水泥在储存过程中,空气中的水分和二氧化碳,与水泥颗粒表面起反应生成碳酸钙薄膜,而降低了水泥的表面活性,使水泥结块,延长了凝结期,降低了水泥的强度,如储存不当,甚至完全失效。水泥储存的时间越长,其强度降低的也越多,一般储存3个月的水泥,强度约降低20%,6个月约降低30%。为了恢复水泥的表面活性,可用盐酸或氟化钠来消除表面碳酸钙薄膜,也可在水泥粉中预先加入0.15~0.25%防潮剂(环烷酸皂、松香、酸性沥青和油酸)。在岩心钻探现

场,对水泥的储放因受条件限制,水泥往往表面结块,因此,在使用前应用筛子将结块筛除,以免在灌注过程中堵塞莲蓬头或钻杆接头孔眼等造成灌注事故。同时应注意已结块的水泥强度已降低,不能用于质量要求高的工程。

4. 硅酸盐水泥的主要物理技术性质

(1) 细度 用4900孔/厘米²的标准筛检定,其筛余量不得超过15%。

(2) 比重与容重 水泥比重一般在3.05~3.20之间,容重在松散状态下为900~1000公斤/米³,紧密状态时为1400~1700公斤/米³。

(3) 凝结时间 初凝不得早于45分钟,终凝不得迟于12小时。

(4) 体积安定性 水泥浆凝结硬化后,体积必须安定。所说体积不安定是指水泥凝结硬化时体积发生不均匀的变化,而造成水泥石的裂缝和崩坏。水泥不安定的原因是水泥内含有过多的游离石灰、游离氧化镁、SO₃和石膏等物质。

(5) 水泥活性(强度) 水泥活性又称水泥的标号。水泥活性是指水泥化学反应能力的大小。水泥活性(强度)是指按标准试验方法制作试块,经在标准条件下养护至一定日期后的抗压强度(公斤/厘米²)。我国按水泥活性大小,将水泥分为200号、250号、300号、400号、500号、600号几级,其强度不低于表8-1数值。水泥活性(强度)大小,由很多因素所决定,如水泥熟料中的矿物成分、细度、养护条件等。

表8-1

水泥标号	抗压强度 (公斤/厘米 ²)			抗拉强度 (公斤/厘米 ²)		
	3(天)	7(天)	28(天)	3(天)	7(天)	28(天)
200	—	100	200	—	12	18
250	—	140	250	—	12	18
300	—	180	300	—	15	22
400	160	260	400	15	19	24
500	220	350	500	19	23	27
600	260	420	600	21	27	32

(6) 抗水性和耐蚀性 普通水泥的抗水性较差,水泥水化时不断生成Ca(OH)₂, Ca(OH)₂易被水解同时也易与其它物质起化学反应,所以普通水泥对有腐蚀性液体和气体的抵抗能力较差,不耐天然水,特别是海水、地下水的侵蚀。

(二) 适用于护孔的其它品种水泥

1. 油井水泥

油井水泥是硅酸盐水泥中的特殊品种,是以适当成分的生料,烧至部分熔融所得,以硅酸钙为主要成分的熟料,加入适量的石膏,磨成细粉,适合于油井、气井等固井工程应用的水硬性胶凝材料。它有冷井水泥和热井水泥之分,地质勘探钻孔护孔时可选用冷井水泥。

冷井水泥的凝结时间,初凝不早于3小时,不迟于7小时30分,终凝时间是在初凝时间到达后不迟于3小时。由于固井的特殊要求,其强度指标以抗折强度为准,即水灰比为0.5的水泥浆成型养护48小时后,抗折强度不小于27公斤/厘米²。

油井水泥的强度比普通水泥高,此种水泥除用于固井工程外,亦可用于管、洞防止渗透的保护工程。在地质勘探钻孔护孔工作中,如有条件应尽量选用此种水泥。

2. 快硬硅酸盐水泥

快硬硅酸盐水泥是一种早期强度增进率较快的水硬性胶凝材料。它主要适用于早期强度高的工程, 紧急抢修的工程、冬季施工的工程等, 因而也适应于钻孔护孔工作。

快硬硅酸盐水泥是以3天抗压强度为标号强度, 标号有300、400、500三种, 各龄期强度不得低于表8-2所列数值。

表8-2

水泥标号	抗压强度 (公斤/厘米 ²)		抗拉强度 (公斤/厘米 ²)	
	1 (天)	3 (天)	1 (天)	3 (天)
300	200	300	18	22
400	250	400	20	24
500	300	500	22	27

此种水泥的初凝时间不早于45分钟, 终凝时间不得迟于1小时。

3. 矾土水泥 (铝酸盐水泥或高铝水泥)

矾土水泥是以矾土及石灰石为主要原料, 经过煅烧所得, 以弱碱性铝酸钙为主要成分的熟料, 磨成细粉而制成的一种早期强度增进率很快的水硬性胶凝材料。

矾土水泥水化时, 反应甚为剧烈, 生成的铝酸盐胶凝体能在短期内密实与结晶, 使早期强度迅速增长, 一昼夜的强度即可达到其标号的80~90%, 根据国家标准规定, 以3天的抗压强度为标号, 此种水泥可分为300、400、500三种标号。

矾土水泥运用于紧急抢修的工程, 需要早期强度高的特殊工程, 冬季施工的工程等, 也适用钻探护孔工作, 但是此种水泥由于材料昂贵、煅烧及磨细均较困难, 因此水泥的成本较高, 限制了它被广泛应用。

4. 硅酸盐膨胀水泥

硅酸盐膨胀水泥是以适当成分的硅酸盐水泥熟料、膨胀剂和石膏, 按一定比例混合磨成粉状的水硬性胶凝材料。

此种水泥的特性是在水中硬化时体积增大, 在湿气中硬化的最初三天内应不收缩或有轻微的膨胀。

此种水泥分为400号、500号、600号三个标号。其各龄期强度均不应低于表8-3中所列数值

表8-3

水泥标号	抗拉强度 (公斤/厘米 ²)			抗压强度 (公斤/厘米 ²)		
	3 (天)	7 (天)	28 (天)	3 (天)	7 (天)	28 (天)
400	12	17	23	160	260	400
500	15	20	26	220	350	500
600	17	23	29	260	420	600

此种水泥初凝不得早于20分钟, 终凝不应迟于10小时。

这种水泥适用于制造防水层和防水混凝土以及加固结构等方面。由于具有膨胀性所以很适合于钻孔堵漏防渗。

除上述各种水泥外，还有建筑上常用的矿渣硅酸盐水泥，但它早期强度低，凝结时间长，故不适用于钻孔护壁堵漏。

二、水泥附加剂

在钻进过程中，时常会遇到坍塌、漏失、涌水等复杂地层，由于孔内的复杂情况影响了正常钻进，因此，必须及时处理。在处理时，我们总是希望花费的时间要短些，收效要快，处理方法要简便。但是普通硅酸盐水泥由于它本身性能的限制，无法同时满足上述要求。为此，人们常常利用各种化学药剂来改善水泥浆的某些性能，使之更好地满足施工要求，所加的化学药剂称为水泥附加剂。现对适用于护孔堵漏的水泥附加剂分述如下：

(一) 水泥速凝剂

凡是能够加速水泥浆凝结时间的化学处理剂叫做水泥速凝剂。水泥速凝剂的种类很多，如氯化钙、氯化钠、水玻璃、纯碱、石膏、硫酸钠、碳酸钾、漂白粉等，新型特效的速凝剂有红星一号，阳泉 I 型和“711”型速凝剂等。

1. 氯化钙

氯化钙是一种应用普遍，效果较好的速凝剂，加入氯化钙能使水泥浆的初期流动度增加，有利于灌注。氯化钙能提高水泥中石灰的溶解度，促进水泥矿物成分的水解和水化作用，同时它在水泥中还能起分散作用，有助于加快水泥凝结，氯化钙与水泥中的铝酸三钙相互作用的结果，能提高水泥石的早期强度，从室内和孔内试验来看，加氯化钙后的水泥结石组织结构比较致密。

在水泥中加入氯化钙1.0~1.5%，可使凝固时间缩短一半。一般不超过3.0%。在使用氯化钙速凝水泥浆堵漏时，所用水泥最好是500号或600号，氯化钙可用工业纯度为65~75%的有水氯化钙，配方比例为水泥：氯化钙：水=100公斤：3公斤：40~45公斤。

2. 氯化钠

其作用与氯化钙相似，但凝结时间要比用氯化钙处理时长一些。加入量一般为水泥重量的1~3%。

3. 水玻璃

水泥浆中加入2~3%的水玻璃，凝固期可缩短30~40%，但加入量小于此值时，反而会延缓凝固期。

4. 石膏

石膏是一种缓凝剂，也是一种速凝剂，加入量少时（1~3%），可控制水泥中铝离子的浓度，起到缓凝作用，但加入量多时（15~20%）则可起速凝作用。

石膏水泥浆适用于大裂隙和漏失层厚度较大的地层，因为它的初凝时间短，可以减少堵漏时水泥浆的消耗。如采用500、600号硅酸盐水泥和医疗用雪花石膏配制水泥浆，石膏加量为水泥浆重量的15~20%时初凝时间约为7~10分钟。石膏水泥浆堵漏快，但强度小。

5. “711”型水泥速凝剂

“711”型水泥速凝剂是我国研制成功的，它是由磨细的矾土、纯碱、石灰混合烧成熟料后，再加入无水石膏磨细成粉，是一种灰白色粉末，其主要矿物成分为铝酸钠、硅酸二钙、铁酸钠等。其中起速凝作用的主要是铝酸钠，它是氧化铝与碳酸钠在高温作用下的产物。此种速凝剂有较强的吸湿性，应注意保管。

在适当加量下，水泥浆在5分钟内初凝，10分钟内终凝，其早期强度有较大提高，28天强度为不掺速凝剂的85%左右。对普通硅酸盐水泥的加量一般为3.5%，矿渣硅酸盐水泥中加入量为4.5%，最适于新鲜水泥，对陈化水泥则效果有影响。

此种速凝剂用于新鲜水泥的试验结果如下：

(1) 当水灰比固定为0.1时，速凝剂加量与水泥凝结时间的关系见表8-4。加入量为3.5%时凝

时间最短, 加入量继续增加时, 凝结时间又有增长。

表8-4

速凝剂加量	初凝	终凝
0%	8时10分	9时30分
2.0%	大于75分	—
2.5%	2分40秒	3分48秒
3.0%	1分25秒	2分
3.5%	1分12秒	1分15秒
4.0	2分20秒	2分57秒
5.0	4分15秒	4分58秒

(2) 当速凝剂加量不变时, 水灰比与水泥浆凝结时间的关系见表8-5

表8-5

水灰比	未加“711”速凝剂的水泥		加有3%“711”速凝剂的水泥	
	初凝	终凝	初凝	终凝
0.30	5时4分	6时34分	1时26分	1时45分
0.35	5时39分	8时4分	2时	2时15分
0.40	8时10分	9时30分	1时48分	2时22分
0.45	9时2分	10时7分	2时22分	2时55分
0.5	>10时		2时36分	3时27分

(3) 水灰比固定不变时, 速凝剂加量与水泥石抗压强度的关系见表8-6

表8-6

材 料		抗 压 强 度 (公斤/厘米 ²)			
水灰比	“711”加入量(%)	1天	7天	28天	9个月
0.4	0	27	281	508	547
0.4	2	69	321	482	
0.4	3	161	309	478	
0.4	4	178	334	442	
0.4	5	198	359	471	

(4) 当速凝剂加量固定不变时, 水灰比与水泥石抗压强度的关系见表8-7

表8-7

水灰比	加速凝剂3%时水泥石抗压强度 (公斤/厘米 ²)			未加速凝剂时水泥石抗压强度 (公斤/厘米 ²)		
	1(天)	7(天)	28(天)	1(天)	7(天)	28(天)
0.3	279	530	741	90	575	872
0.35	211	431	625	46.5	378	574
0.40	150.5	309	478	26.9	281	508
0.45	94	269	425	20.6	217	402
0.50	71	213	536	13.4	162	324

由上可知, 随水灰比增大强度下降, 但加有速凝剂的水泥的强度下降值比未加速凝剂的为小。

为了改善结块的陈化水泥质量, 在加入速凝剂的同时, 还可加入相当于水泥重量0.1~0.5的氟化钠

以提高速凝效果。

6. 阳泉 I 型速凝剂

阳泉 I 型速凝剂是我国研制的产品, 它是由铝土矿、芒硝、石灰石、煤、氧化锌组成并烧结后的产物。是一种灰色粉末, 对水泥具有速凝快干的作用, 如果加入量适当, 水泥浆则能在数分钟内凝结硬化, 有较高的早期强度和不断增长的后后期强度, 水泥的其它性能基本上保持不变。此种速凝剂对水泥浆性能的影响如下:

(1) 速凝剂加量

在水灰比相同而速凝剂的加量不同时, 水泥浆的凝结时间和抗压强度见表8-8

表8-8

水泥	速凝剂加入量 (%)	水灰比	凝 结 时 间		抗 压 强 度 (公斤/厘米 ²)				备 注
			初 凝	终 凝	4 小时	1 天	3 天	28 天	
500号普通硅酸盐水泥	0	0.4	—	—	—	19	185	476	试验室温度20℃, 相对湿度98%。
	2	0.4	3分20秒	5分40秒	3.5	6	138	341	
	3	0.4	2分15秒	3分15秒	6	32	236	382	
	4	0.4	1分18秒	1分55秒	9	89	222	399	
	5	0.4	1分10秒	1分45秒	11	93	197	380	
	6	0.4	1分8秒	1分32秒	12.5	90	186	370	

(2) 水灰比的影响

不同水灰比对凝结时间和抗压强度的影响见表8-9

表8-9

水泥	水灰比	速凝剂加入量 (%)	凝 结 时 间		抗 压 强 度 (公斤/厘米 ²)				
			初 凝	终 凝	4 小时	1 天	3 天	28 天	R28/R ₀ 28
500号普通硅酸盐水泥	0.35	3	1分50秒	2分4秒	9	76	266	464	78.2
		0				37	236	594	100
	0.40	3	2分15秒	3分15秒	6	32	236	382	80.2
		0				19	185	476	100
	0.45	3	3分30秒	11分18秒	3.5	8	144	279	71
		0				13.5	141	393	100
	0.5	3	4分24秒	77分	2.5	4.5	74	230	60.3
		0				9	125	378	100

从表8-9中看出, 随着水灰比增大, 水泥浆凝结时间延长, 水泥石的强度下降。从表8-8中看出, 水泥石的早期强度随速凝剂的加量增加而增大。

此种速凝剂的适宜加量为0.3~0.4%, 在常温条件下, 水灰比为0.4, 则水泥浆的初凝时间不超过5分钟, 终凝时间不超过10分钟。

7. 红星一型速凝剂

红星一型速凝剂是我国研制成功的一种水泥速凝剂, 它的主要成分为铝氧烧结块、硫酸钠和生石灰, 其配合比为1:1:0.5。铝氧烧结块是生产氧化铝的中间产物, 其中含铝酸钠约50%, 硅酸二钙35%。红星一型速凝剂的主要性能如下:

(1) 速凝剂加量与水泥浆凝结速度的关系

在水灰比固定不变时, 速凝剂加量与水泥浆凝结时间的关系见表8-10

表8-10

速凝剂加量 (占水泥重量) (%)	加入方式	水灰比	室 温 (℃)	湿 度 (%)	凝 结 时 间	
					初 凝	终 凝
0	干拌	0.4	23~26	75	4 小时51分	6 小时53分
2	干拌	0.4	23~26	75	1 分18秒	7 分12秒
4	干拌	0.4	23~26	75	2 分12秒	3 分 9 秒
6	干拌	0.4	23~26	75	2 分11秒	5 分
8	干拌	0.4	23~26	75	2 分54秒	8 分29秒

(2) 当速凝剂加量不变时, 水灰比对水泥浆凝结时间的影响见表8-11。

表8-11

速凝剂名称	速凝剂加量 (%)	水 灰 比	凝 结 时 间	
			初 凝	终 凝
红星一号	2.5	0.30	1 分20秒	2 分17秒
红星一号	2.5	0.35	1 分50秒	2 分45秒
红星一号	2.5	0.40	2 分30秒	4 分10秒
红星一号	2.5	0.45	2 分52秒	5 分
红星一号	2.5	0.50	4 分32秒	7 分20秒

(3) 当水灰比固定不变时, 速凝剂加量与水泥石强度的关系见表8-12。加入速凝剂后水泥在几小时内产生强度并可提高早期强度, 但后期强度降低并加大了收缩率 (见图8-3)。

表8-12

速凝剂加量 (%)	水灰比	养护条件	抗压强度 (公斤/厘米 ²)			
			4 (小时)	2 (天)	3 (天)	28 (天)
0	0.4	雾	0	24	82	456
2.5	0.4	雾	11	77	168	350
0	0.4	水	0	21	105	377
2.5	0.4	水	11	72	179	326

红星一型速凝剂的加量为2.5~4%时, 对各地生产的普通水泥的凝固时间都可缩短, 一般初凝时间为1~3分钟, 终凝时间为2~10分钟。对抗硫酸水泥和火山灰质硅酸盐水泥的速凝效果也很显著, 但对矿渣硅酸盐水泥效果较差。

(二) 水泥速凝早强剂

近几年来, 我国一些有关科研部门对水泥速凝早强剂作了大量研究工作, 发现许多复合附加剂, 使水泥浆具有速凝早强性质, 可以控制水泥浆扩散范围, 缩短灌浆工期和提高灌浆堵水效果, 为地质勘探岩心钻探工作应用水泥护壁堵漏开辟了良好的前景, 现将有关科研部门研制的产品配方简介如下。

1. 北京煤碳科学院的配方

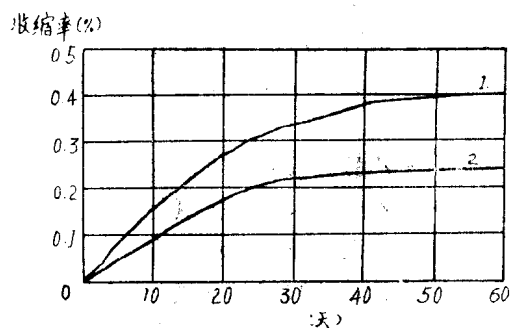


图 8-3 红星一型水泥速凝剂对水泥收缩率的影响

1—加速凝剂; 2—不加速凝剂

水泥速凝早强剂的配方很多,经多次研究确认三乙醇胺与氯化钠和三异丙醇胺与氯化钠两种复合附加剂效果最好,它们对水泥浆凝结时间和抗压强度的影响见表8-13。

表8-13

水 灰 比	附 加 剂		凝 结 时 间		抗压强度(公斤/厘米 ²)				
	名 称	用量(%)	初 凝	终 凝	1(天)	2(天)	7(天)	14(天)	28(天)
1:1	—	0	14时15分	25时	8	16	59	—	92
1:1	三乙醇胺 氯化钠	0.05 0.5	6时45分	12时35分	24	39	72	130	143
1:1	三乙醇胺 氯化钠	0.1 1.0	7时23分	12时58分	23	46	98	126	152
1:1	三异丙醇胺 氯化钠	0.05 1.0	11时3分	18时22分	14	27	74	77	120
1:1	三异乙醇胺 氯化钠	0.1 1.0	9时36分	14时12分	18	35	82	75	131
1:1	二水石膏 氯化钠	1 2	7时15分	14时15分	18	28	56	—	89

从上表中看出,三乙醇胺与氯化钠及三异丙醇胺与氯化钠两种复合附加剂对水泥浆不仅有显著的速凝作用,并且提高了结石体的强度,特别是结石体的早期强度。其适宜用量为三乙醇胺或三异丙醇胺0.05~0.1%,氯化钠为0.5~1.0%。

根据在煤矿竖井灌浆工作中,采用上述速凝早强剂进行试验,灌浆后16小时取出的岩心证明,不仅结石体强度高,而且在宽度1毫米以上的裂隙中都填充有灰浆,80~90%的裂隙充填良好。

2. 中国工程力学研究所配方

I号配方:三乙醇胺0.03~0.05%+氯化钠0.5~1.0%。

II号配方:三乙醇胺0.03~0.05%+亚硝酸钠1%+二水石膏2%。

III号配方:三乙醇胺0.05%+亚硝酸钠0.5%+氯化钠0.5%。

试验结果表明:

(1) 上述三种复合早强剂中的三乙醇胺用量可以降低到0.02~0.03%,而且可用三乙醇胺和二乙醇胺的混合液代替(两者的比值为二乙醇胺:三乙醇胺=30~40:70~60),其效果与三乙醇胺相同,而且价格低廉。

(2) 速凝早强剂对各种水泥有广泛的适应性,但其增强效果不同。

3. 上海建筑研究所的三种配方

(1) 三乙醇胺0.05%+氯化钠0.5%,可使500号普通水泥3~4天达到设计强度的70%。

(2) 三乙醇胺0.05%+次氯酸钠2%,5天可达设计强度的75%。

(3) 三乙醇胺0.05%+氯化钠1%+亚硝酸钠1%,10天以前可提高强度60~80%。

4. 广州建筑研究所的三种配方

(1) 三乙醇胺0.05%+氯化钠0.05%。

(2) 三乙醇胺0.05%+亚硝酸钠1%+二水石膏2%。

(3) 三乙醇胺0.05%+0.5%氯化钠+亚硝酸钠0.5~1%。

5. 山东建筑研究所的几种配方