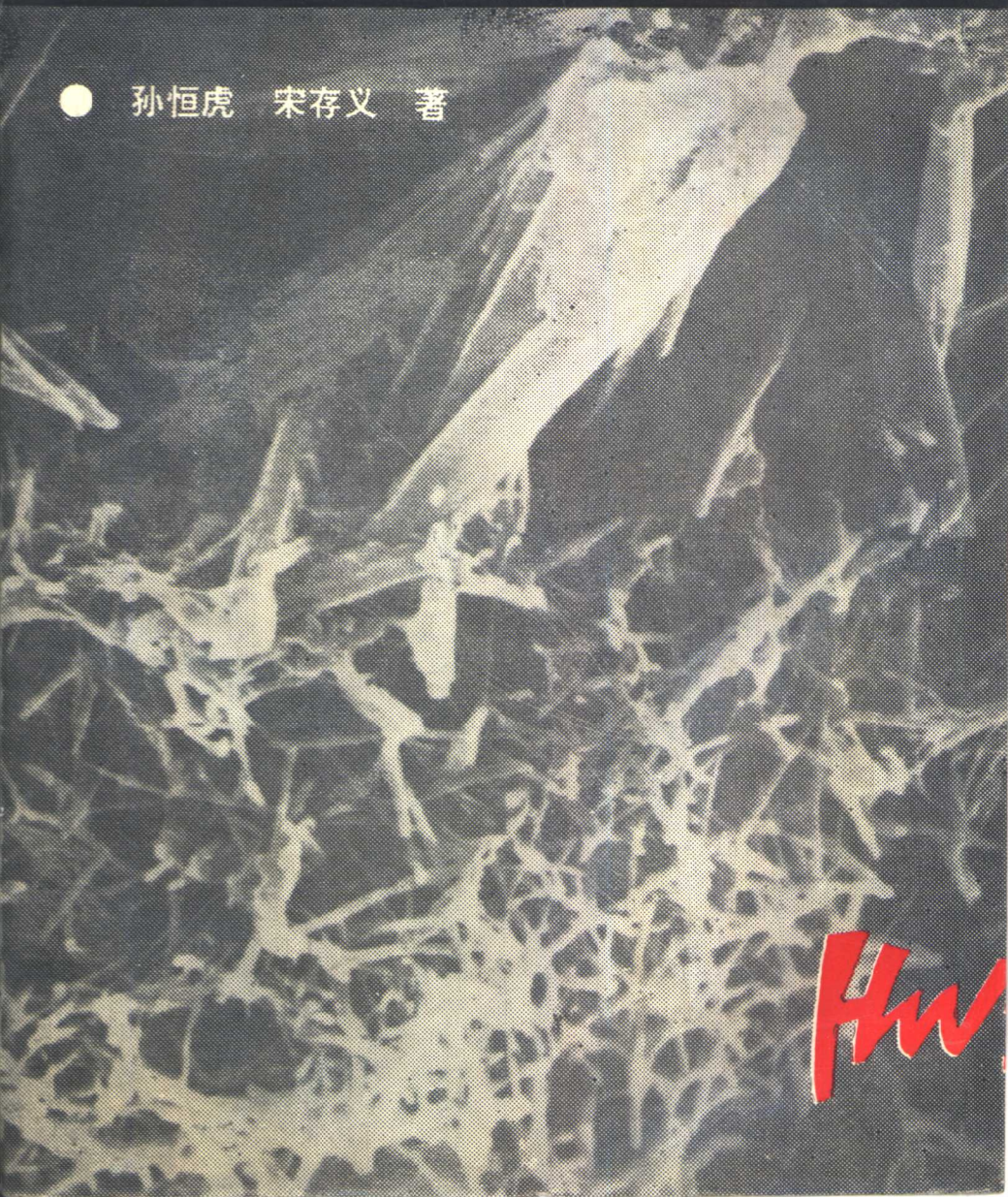


高水速凝材料及其应用

● 孙恒虎 宋存义 著



Hw

0528
-379

“八五”国家重点科技项目(攻关)计划

高水速凝材料及其应用

孙恒虎 宋存义 等著

中国矿业大学出版社

(苏)新登字第 010 号

内 容 简 介

本书全面介绍了高水速凝材料的物理力学特性,高水速凝材料的水化反应机理,高水速凝材料的生产,高水速凝材料的使用方法及其在各类工程中的应用情况。

责任编辑 陈玉和

高水速凝材料及其应用

孙恒虎 宋存义 编著

中国矿业大学出版社出版发行

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 7.5 字数 200 千字

插页 8 页

1994 年 6 月第一版 1994 年 6 月第一次印刷

印数 1~2000 册

ISBN 7 - 81021 - 965 - 0

TB·6

定价:15.00 元

新材料与高水速凝材料

(代 序)

新材料不仅是新技术革命的物质基础,新材料还能使古老的产业生产难题得到彻底解决。确实,新型材料的发展与新工艺、新技术密切相关,在很多情况下是通过极端条件(如超高压、超高温、超高纯、超高真空、超低温水、超高速快冷等等)形成的。相反相承,新材料的产生和发展又会带来新的工艺、发展新的技术。因此,新材料既产生于新的工艺技术,又发展新的工艺技术。

材料科学是支撑人类文明大厦的四大支柱之一。从全材料社会系统工程的角度来看,材料从用途上可以分为信息材料、能源材料、结构材料和功能材料;而从其结构状态分则有:晶体、非晶体和液晶体。材料依不同的用途有其不同的分类法。随着新技术、新工艺的发展和新技术、新工艺的需要,新材料的种类和新的性能、功能材料,将是一个异彩纷呈的梦幻世界。

新材料既追踪高精尖的技术,同时它又面向大众生活。新材料的发展面向新产业、新技术、新工艺,但新材料的发展也不会遗下老产业和支撑人类文明发展的古老工程而不顾。高水材料就是能使古老的产业和工程获得新生的典型材料。

高水材料与一般水硬性材料相比,其区别在于高水材料的高含水特性,其水固比(体积比)高达 $6.7:1.0 \sim 9.0:1.0$,而一般

水硬性材料的水固比仅在 $1.0:1.1\sim 1.0:1.8$ 之间。(其重量水固比:高水材料 $2.2:1.0\sim 2.5:1.0$;一般水硬材料 $0.3:1.0\sim 0.6:1.0$)。高水材料由于配以不同种类的添加剂,还可以具有不同的性能和功用。因此,它可以像一般水硬材料一样,既可以由时效性来胶凝固结达到强度,也可以具有速凝早强的特性。为适应采矿工程的需要我们率先研究开发了高水速凝早强的充填材料。

高水速凝材料与一般水硬材料的区别

高水速凝材料是选用铝钒土、石灰和石膏为主要原料,配以多种无机原料和外加剂,像制造水泥那样,经磨细、均化等工艺,而配制成甲、乙两种粉料。这种材料,与其自身体积 9 倍的水混合而成的浆液能在 30 分钟内凝结成具有相当强度的固化人工石——“含水 90% 的混凝土”。现场应用时,在两套搅拌系统中将甲乙两种固体粉料加水或砂浆等,然后分别搅拌制成甲乙两种浆液,再由两套泵输系统,同步将两种浆液输送到使用地点。在使用地点,通过专用混合器将两种浆体均匀混合在一起后充入应用地点,混合后的浆液很快凝结成固体,其固体的强度及凝固时间可根据工程需要事先设计确定。

生产高水速凝材料的原材料在我国有丰富的储量、分布广,材料制作工艺简单,成本适合我国国情。高水速凝材料已在郑州铝厂水泥厂、石家庄建筑材料一厂等厂家实现了工业化生产。产品已大批量投放市场,取得了显著的经济效益和社会效益。

高水速凝材料是一种具有独特性能的新型材料,其主要技术特征如下:

• II •

1. 该材料由甲乙两种固体粉料组成。
2. 材料具有高含水性,其水和固体粉料体积比含水率为 87%~90%,重量水固比为 2.2:1~2.57:1。
3. 材料具有可泵性。甲乙两种固体粉料与水搅拌制成的甲乙两种浆液,输送或单独放置可达 24 小时以上不凝固、不结底,因此,非常适合机械化泵送施工,施工方便简单。
4. 材料具有速凝性。甲乙两种浆液混合后才开始凝固,30 分钟之内即可凝结成固体。
5. 材料的强度性能:甲乙两种材料浆液混合后开始凝固,1 小时强度可达 0.5~1MPa,2 小时强度可达 2MPa,一天可达 4MPa,7 天以后可达 5MPa 以上。
6. 材料本身无毒、无害、无腐蚀性。
7. 材料的酸碱性:甲料的 $\text{pH}=9\sim 10$,为弱碱性;乙料的 $\text{pH}=11\sim 12$,为碱性。
8. 甲乙两种粉料有效保存期为 6 个月。
9. 高水材料所形成的人工石早期破坏后还具有重结晶恢复强度的特性。

高水速凝材料的应用

高水速凝材料流动性好,甲乙两料浆在未混合之前不凝固、易泵送;甲乙两料浆混合后凝固速度快,且凝固时间快慢可以调整;凝固后早期强度高。因此,可作为采矿工程中巷道支护、采空区充填、壁后充填支护、锚喷支护等工程的使用材料;也可作为地下工程、地下空洞充填、注浆堵漏、地基加固等的使用材料。该材料的研

制成功,可说是无机非金属材料领域的一大突破。工程应用时,除利用高水材料上述高水特性之外,还可通过调整甲乙料及加水量的比例使该材料的强度达到中、高标号水泥混凝土的强度指标,与水泥相比,比水泥凝固快、养护时间短甚至不需养护,具有防冻、耐腐蚀特性,便于冬季施工、快速抢修,因此也可广泛用于公路及水利工程等领域。

通过调整该材料的各种组份比例及加水量,可以获得具有各种膨胀参数的膨胀混凝土,以适应各种不同工程之需要。

总之,高水速凝材料既基本具有普通混凝土的各种性能,又具有普通混凝土所不具有的高水、速凝、易泵送及防冻等特殊性能。因此,这种新材料是混凝土材料领域的一大突破,它不仅在矿山工程应用中获得了巨大的经济效益和社会效益,而且在水力、建筑、交通和军事等工程领域也有广泛的应用前景。

高水速凝材料应用实例——高水速凝材料在煤矿巷旁充填沿空留巷技术中的工程应用。

为了使研制成功的高水速凝材料尽快应用于生产实践,在中国统配煤矿总公司的支持下,中国矿业大学北京研究生部于1990年、1991年先后在鹤壁矿务局一矿、开滦矿务局荆各庄矿进行了该技术的工业性试验。两次工业性试验都取得了圆满成功,并于1991年和1992年通过了部级鉴定。鉴定会认为:技术成果属“国内首创和领先水平”,“达到了国际先进水平”。

采用这种新材料新技术,煤炭资源回收率可提高15%以上,因少掘巷道,可减少回采巷道掘进率40%以上,因而提高了采煤生产率,降低了生产成本,减小了工人劳动强度,提高了井下作业的安全性,是采煤工艺的一项重大改革。中国统配煤矿总公司正式

下达文件,希望全国各局(矿)结合本矿区实际情况积极推广应用该项技术成果。

在高水速凝材料研究成果的基础上,孙恒虎博士又发明了“金属矿山全尾砂速凝固化胶结充填新工艺”技术,该技术在金属矿山的推广和应用,引起了金属矿山充填采矿的重大技术变革。

在全尾砂固化胶结充填采空区的工程中,使用“高水速凝材料”做固化剂。这种新型的固化剂的主要特点是可将高比例的水凝结为固态结晶体,从而使得充填料浆可在较宽范围的浓度条件下不脱水而变为固体。固化剂分为甲、乙两种材料,使用时,将一定浓度的尾砂浆分为一定比例的两部分,分别按一定比例加入甲、乙两种材料制成两种料浆,分别输送到井下采场附近,将其进行混合后充入采场。两种料浆单独存放时可保证在足够长的时间内不凝结,从而保证料浆的良好输送性能。一旦将两种料浆混合在一起,甲、乙两种材料将与水共同发生物理、化学反应,使料浆在几分钟至一两小时内快速凝结为固体。从而,解决了充填采矿以往所无法解决的一系列重大难题,为实现高效率、高效益、高强度采矿开辟了一条新途径。

该充填技术主要有以下优点:

1. 全尾砂不分级直接利用,充填料浆在采场内不用脱水便可凝结为固体,简化了充填工艺系统,改善了矿山作业的环保条件。
2. 充填料浆便于输送,具有快凝、早强、充填效率高等突出优点,并有利于实现充填接顶,可以满足采矿生产要求。
3. 充填料浆允许浓度范围广、不离析、流动性能好,有利于实现远距离输送,充填工艺易于控制、设备简单等。

高水速凝材料发展起来的新工艺——“全尾砂速凝固化胶结

充填新工艺”于1992年10月通过了部级鉴定,鉴定会认为:“该技术属国际首创”。该工艺已获得国家发明专利。

该项新技术使用全尾砂做充填骨料,避免了使用分级尾砂过程产生的细粒级尾砂筑坝及坝体维护的困难,对于尾砂产率较高的矿山可减少尾砂库的建造,对于尾砂产率较低的矿山可实现无尾砂排放,并可节约建磨砂场的投资。为了适应资源、环境、作业条件对采矿工艺的要求,近年来充填采矿法在金属矿山的应用比重日益增加,这一新技术在地下采矿充填领域前景广阔,被许多专家誉为“这是充填采矿法的一场革命”。该技术的广泛应用必将产生巨大的社会效益和经济效益。

作者研制成功的“高水速凝材料”已历时9年,现已在煤炭、黄金、有色、冶金系统二十几个矿山推广应用。采用这一新材料、新技术在改进开采工艺、提高生产率、改善作业环境和条件等方面,都取得了很大的成功。笔者通过本书旨在总结、介绍有关高水材料的性能、制造、形成机理及应用。展望未来,高水速凝材料在地下工程、地基加固、注浆堵漏及建筑、水利、公路等工程领域也有广阔的应用前景。高水材料作为一种新材料,在科学上和应用技术上还有许多待探索的问题。因此,本书既是高水材料研制、开发、应用的总结,同时也是对实际研制和应用中提出的新问题进行的探索和总结,我们希望有更多的、各行各业的专家加入到高水材料的开发应用中来,使高水材料的功用得到更充分的发挥。

前 言

沿空留巷不仅是合理开发煤炭资源、提高煤炭资源回收率,延长矿井服务年限、减少巷道掘进量、缓解采掘接替矛盾、防止发火,有利于矿井安全生产和改善矿井技术经济效果的一项重大的护巷技术,而且它也是矿山进行采煤方法改革、实现前进式和往复式开采的最有效途径。

为了更好地应用和推广沿空留巷技术,广大的采矿工作者从对沿空留巷宏观矿压规律的描述到对沿空留巷的矿压机理的分析 and 认识,无论是在理论方面还是实践方面,都做出了重大的贡献,但是,作为沿空留巷的一个难点——巷旁支护困难,却一直没有得到很好解决。

高水巷旁泵充填技术正是针对以上问题首次研究出的无煤柱沿空留巷巷旁支护新技术。为了使该技术尽快转化为生产力并得到广泛的推广和应用,在中国统配煤矿总公司的支持下,中国矿业大学北京研究生部在1990年10月份、1991年4月份先后在鹤壁矿务局一矿、开滦矿务局荆各庄矿进行了该技术的工业性试验。目前,在鹤壁矿务局一矿和开滦矿务局荆各庄矿进行的工业性试验已取得圆满的成功,并分别于1991年11月10日、1992年4月5日通过了总公司生产局组织的专家鉴定。

目前,高水材料巷旁泵充填尚处于推广应用的初始阶段,为了

更好地完善这项新技术,并使更多的人了解它,以推动沿空留巷技术的迅速发展,本书就这项技术的有关问题进行介绍。本书主要包括:高水速凝材料及其物理力学特性;高水速凝材料原料种类与分析;高水速凝材料的生产;高水速凝材料水化反应机理;高水速凝材料在煤矿中的应用,高水速凝材料在金属矿山的应用;高水速凝材料在其它工程领域的应用以及高水速凝材料的发展与展望等内容。

本书是根据作者近年的科研实践和现场工作完成的,由于高水速凝材料技术在我国进行大规模的工业性生产与使用尚在开始阶段,肯定还有许多方面需要改进或革新,因作者时间仓促,错误不当之处在所难免,望专家同行和读者不吝斧正或提出宝贵意见,以便重印或再版时修改。

本书的出版得到众多的支持与帮助,在这里需要特别表示感谢的有:邱运新硕士和黄玉诚硕士,他们在该项目的研究和试验中做了大量工作;本书责任编辑陈玉和先生为本书的出版工作做了十分认真细致的工作;作者的爱妻李淑琴在生活上给予了无微不至的关怀。

孙恒虎

1992年11月12日于北京

目 录

新材料与高水速凝材料(代序)	I
前 言	I
常用标准水泥化学分子式简写	14
第一章 高水速凝材料的基本性能	1
第一节 高水速凝材料的物理性能	1
1. 高水速凝材料的强度	1
2. 高水速凝材料硬化体应力—应变曲线	6
3. 高水速凝材料的可泵性	9
第二节 高水速凝材料的化学特性	9
1. 凝结时间	9
2. 高水速凝材料硬化体的含水量	12
3. 高水速凝材料硬化体的耐水性	13
4. 高水速凝材料硬化体的抗风化性能	14
5. 高水速凝材料硬化体的耐蚀性能	15
6. 高水速凝材料硬化体的耐热性能	16
第二章 高水速凝材料水化反应机理及微观分析	17
第一节 高水速凝材料的热力学分析	17
1. 热焓(ΔH)的分析	17
2. 熵(ΔS)的分析	22

3. ΔG 的分析	23
第二节 高水速凝材料的水化硬化机理	29
1. 单矿物水化	29
2. 高水速凝材料的水化反应	32
3. 结 论	37
第三节 高水速凝材料硬化体微观分析	38
1. 高水速凝材料硬化体的物相结构	39
2. 高水速凝材料硬化体的微观形貌	50
3. 高水速凝材料硬化体的风化机理	50
第三章 高水速凝材料的原材料分析	59
第一节 高铝型甲料	60
1. 铝酸一钙($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)	64
2. 二铝酸一钙($\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$)	64
3. 七铝酸十二钙($12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$)	65
4. 铝方柱石($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$)	66
第二节 硫铝型甲料	69
1. 硫铝酸钙($3\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$)	70
2. 硅酸二钙($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)	70
第三节 其它材料	73
1. 石 灰	74
2. 石 膏	74
3. 外加剂	79
第四章 高水速凝材料的生产	81
第一节 甲料的制备	82
1. 生料制备	82
2. 烧 成	88

第二节 乙料的制备	90
1. 粉 磨	90
2. 高水速凝材料的包装和储存	92
第三节 工业生产实例	93
1. 苍山县水泥厂基本概况	93
2. 技术改造方案	93
3. 生产工艺流程说明	99
4. 扩建主要设施和设备	100
5. 经济分析	100
6. 劳动定员全员劳动生产率及工资	105
第五章 高水速凝材料在煤矿中的应用	107
第一节 在鹤壁矿务局一矿的应用	108
一 工作面的地质及生产技术条件	108
1. 工作面的地质概况	108
2. 工作面的生产技术条件	110
二 巷旁充填参数的设计与选取	112
1. 巷旁支护的支护强度	112
2. 巷旁充填体尺寸的确定	112
3. 充填量计算	113
三 高水速凝材料巷旁充填系统设计	114
1. 充填系统的设计总原则	114
2. 高水速凝材料对充填工艺的要求	114
3. 充填硐室的选择原则及其布置	114
4. 充填设备的设计选型	115
四 劳动组织	122
1. 充填劳动组织	122
2. 矿压观测劳动组织	122

五 高水速凝材料巷旁泵充填工艺	123
1. 巷道的超前与滞后加强支护	123
2. 充填位置的确定	123
3. 充填空间顶板的临时维护	123
4. 充填框架的支设与充填袋的吊挂	125
5. 泵送工艺过程	126
六 社会经济效益分析	126
1. 社会效益	126
2. 经济效益	127
第二节 在开滦矿务局荆各庄矿的应用	127
一 工作面的地质及生产技术条件	127
1. 工作面的地质概况	127
2. 工作面的生产技术条件	129
二 沿空留巷的巷旁支护参数设计	131
1. 巷旁支护的支护强度	131
2. 高水速凝材料的性能选取	131
3. 巷旁充填体的参数确定	132
三 巷旁充填系统设计	133
1. 充填设备的设计选型	138
2. 充填系统的电控及信号系统	140
3. 充填硐室的布置	141
四 巷旁充填的临时支护	142
1. 待充填空间支护	142
2. 工作面端头支护	142
3. 充填巷道内的临时加强支护	143
五 巷旁充填劳动组织及工艺实施	143
1. 充填劳动组织	143
2. 充填工艺实施	144

六 效果分析	145
1. 充填带的护巷效果	145
2. 泵送充填系统的运行效果	146
七 社会效益	147
1. 社会效益	147
2. 经济效益	147
第三节 在淮北矿务局杨庄矿的应用	148
一 工作面的地质及生产技术条件	148
1. 工作面的地质概况	148
2. 工作面的生产技术条件	149
二 沿空留巷的巷旁支护材料 and 支护参数	151
1. 巷旁支护材料	151
2. 巷旁充填支护参数	151
三 巷旁充填的临时支护	152
1. 工作面端头的支护	152
2. 充填空间的支护	153
3. 沿空留巷的临时加强支护	153
四 充填留巷的技术效果	153
1. 充填留巷的技术效果	153
2. 泵送充填工艺系统的运行效果	154
五 社会效益	154
1. 社会效益	154
2. 经济效益	155
第四节 在峰峰矿务局九龙口矿的应用	156
一 工作面的地质及生产技术条件	156
1. 工作面的地质概况	156
2. 工作面的生产技术条件	156
二 巷旁充填参数及充填空间管理	157

1. 巷旁支护参数	157
2. 充填空间管理	157
三 技术效果	158
1. 充填体的切顶效果	158
2. 支架变形及断面收缩	158
四 经济效益	159
1. 充填留巷费用	159
2. 掘巷费用	159
3. 经济效益分析	160
第五节 在平顶山矿务局六矿的应用	160
一 工作面地质及生产技术条件	160
二 巷旁充填参数及充填空间的维护	162
1. 充填参数	162
2. 巷旁充填空间的维护	162
三 充填护巷的技术效果和经济效益	164
1. 技术效果	164
2. 经济效益	165
第六章 高水速凝材料在金属矿山的应用	166
第一节 在招运金矿的应用	167
一 概 述	167
二 地质概况和胶结充填采场的生产技术条件	167
1. 地质概况	167
2. 充填采场的生产技术条件	168
三 充填采场的采准设计和施工	168
1. 采准设计	168
2. 充填搅拌站硐室设计	169
3. 充填硐室施工	170