

# 天然水镁石纤维的化学松解技术

李连生, 刘开平

(长安大学 地球科学与国土资源学院 陕西 西安 710054)

**摘要:** 研究了不同表面活性剂对不同等级水镁石纤维的松解效果, 通过对纤维悬浮液叩解度、粘度、纤维表面 Zeta 电位、纤维混凝土强度等的研究, 并经扫描电镜分析, 证明了化学松解工艺对水镁石纤维具有较好地劈分作用。表面活性剂种类及用量对纤维的叩解度、纤维的表面电位、悬浮液粘度均有影响, 对不同等级纤维的影响有差异。随表面活性剂用量增加, 纤维的叩解度、纤维表面的负电荷量、悬浮液的粘度一般均呈增加趋势。经过化学分散试验, 水镁石纤维得到了较好松解, 纤维直径由微米级下降至纳米级。将水镁石纤维应用于混凝土, 抗折强度随纤维叩解度的增加而提高, 说明纤维的化学分散有利于纤维对混凝土增强作用的发挥。

**关键词:** 水镁石纤维; 化学松解; 纤维混凝土; 叩解度; Zeta 电位; 混凝土强度

**中图分类号:** P578.4<sup>+</sup>95; TB484.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672 6561(2007)01 0047 03

## Chemical Dispersion Technology of Natural Brucite Fibers

LI Lian sheng, LIU Kai ping

(School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract** The dispersion effects of different surfactants on the two grades of brucite fibers were studied. After the tests of fiber beating degrees, the fiber surface Zeta potentials, the suspension viscosities, the concrete flexural strengths and the fiber SEM analysis, it is approved that the chemical dispersion process is effective to the split of brucite fibers. The fiber beating degrees, the surface charges and the suspension viscosities are influenced by the category and the dosage of the surfactants, though the influences are different on the two grades of brucite fibers. The fiber beating degrees, the surface charges and the suspension viscosities are raised with the increase of surfactant dosage. Through the chemical dispersion tests, the natural brucite fibers are split from micro diameter to nano diameter scale fibers. When it is used in the concrete reinforcement, the dispersed brucite fibers can play a better role in improving the concrete flexural strengths.

**Key words:** brucite fibers; chemical dispersion; fiber reinforced concrete; beating degree; Zeta potential; concrete strength

## 0 引言

近年来大量研究表明, 水镁石纤维是一种对人体无害的天然纤维<sup>[1]</sup>。水镁石纤维矿是中国的优势矿产资源<sup>[2]</sup>。水镁石纤维具有优良的力学性能、抗碱性能、水分散性能<sup>[3]</sup>, 且与水泥具有很好的相容性和结合强度<sup>[4,6]</sup>。研究水镁石纤维/水泥基

复合材料对于提高中国水泥混凝土的性能、发挥水镁石纤维矿物的作用, 合理利用中国的优势资源, 具有一定的现实意义。

天然水镁石纤维一般呈纤维集合体形式产出, 纤维间互相粘结, 不易劈分。尽管矿山生产时已经经过机械松解, 但要达到单纤维解离, 仍有一定困难<sup>[7]</sup>。为使纤维更好地分散解离, 在复合材料中发

收稿日期: 2006 03 17

基金项目: 交通部应用基础研究项目(2003319812070)

作者简介: 李连生(1952), 男, 北京人, 副教授, 从事矿物加工及矿物材料教学和研究。E-mail: lianshli@chd.edu.cn

挥有效地增强作用, 笔者研究了天然水镁石纤维的化学松解技术问题和纤维叩解度与混凝土强度的关系, 证明水镁石纤维化学松解工艺具有较好的纤维劈分效果。

## 1 水镁石纤维化学松解试验

### 1.1 试验原料

陕西大安产水镁石纤维, 主要成分为 $Mg(OH)_2$ 呈灰白色短纤维状。试验中使用两种等级原料, 其标准筛筛析结果见表 1。

表 1 水镁石纤维筛析结果

Tab. 1 Sieving Analysis Result of Brucite Fibers			
纤维等级 筛余量 / %	筛孔直径 / mm		筛底
	1.4	0.4	
C 级	32	48.5	19.5
X 级	12	35	53

从表 1 可知, C 级纤维长度较大, X 级纤维则较短。

分散剂使用西安混凝土外加剂公司生产的 4 种类型表面活性剂(表 2)。水采用自来水。

表 2 表面活性剂名称及成分类型

Tab. 2 Names and Compositions of Surfactants				
表面活性剂名称	UNF	AN	SM	OT
主要成分	萘磺酸盐	氨基磺酸盐	密胺树脂	酯基磺酸盐

### 1.2 试验仪器设备

仪器采用 JB50 D 型叶轮式打浆机, 上海标本模型厂制造, 功率 50 W; NDJ 1 粘度测定仪, 上海天平仪器厂产; ZQS12 型叩解度仪, 陕西科技大学机械厂产, 测定分度值为  $1^{\circ}SR$ ; JS94G + 型电泳仪, 上海中晨数字设备有限公司产; 玻璃器皿等。

### 1.3 试验方法

将矿山产的经过机械松解的天然水镁石纤维、表面活性剂、水按一定配比在叶轮式打浆机中以 200 r/min 的速度搅拌 0.5 h, 然后在叩解度测定仪上测定纤维的叩解度, 作为纤维松解程度的评价指标。叩解度高, 则松解效果好。在电泳仪上测定纤维 Zeta 电位, 在粘度计仪上测定悬浮液粘度。

## 2 试验结果及讨论

### 2.1 表面活性剂对纤维叩解度的影响

采用正交试验法进行试验, 用直观分析方法进行试验归纳。

试验结果表明, 在表面活性剂作用下, 水镁石纤维得到了松解。表面活性剂用量对纤维的叩解度影响见图 1。

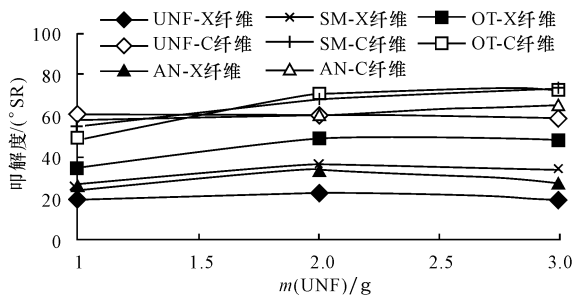


图 1 表面活性剂用量对纤维叩解度的影响

Fig. 1 Effects of Surfactant Dosage on the Fiber Beating Degrees

对于 X 级纤维来说, OT 表面活性剂分散的叩解度最高, 而 UNF 的叩解度最低。对于 C 级纤维来说, 表面活性剂类型对叩解度的影响要稍微复杂些, SM 及 OT 的松解效果要优于 UNF 及 AN。但总的来说随表面活性剂用量的增加, 纤维的叩解度则呈上升趋势并达到峰值后变化趋于平缓。

### 2.2 纤维悬浮液粘度的变化

水镁石纤维在表面活性剂的作用下得到松解, 纤维分散叩解度随之上升, 与此同时势必引起纤维悬浮液粘度的变化。表面活性剂对纤维悬浮液粘度的影响见图 2。

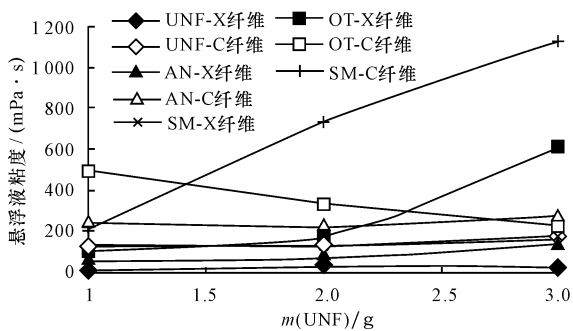


图 2 表面活性剂用量对悬浮液粘度的影响

Fig. 2 Effects of Surfactant Dosage on the Suspension Viscosity

从图 2 可以看出: 对于 X 级纤维来说, OT 分散悬浮液的粘度最大。随表面活性剂用量增加, 悬浮液的粘度一般增加。对于 C 级纤维而言, SM 分散悬浮液的粘度最大, 高于 UNF 及 AN 分散悬浮液的粘度。反复试验表明, 纤维悬浮液的粘度一般与叩解度有一定的正相关关系。至于随表面活性剂用量的增加, OT 分散液的粘度减少可能与过度的分散而发生新的团聚作用所致。

### 2.3 对纤维表面 Zeta 电位的影响

表面活性剂对水镁石纤维的松解机理, 实际上就是通过改变和加强纤维表面电性, 使纤维单体之间的斥力加大从而达到松解的目的。一般来说, 纤维表面 Zeta 电位绝对值变大有利于松解作用的发生, 但从另一角度看, 在表面活性剂用量一定时, 随着纤维松解程度的提高其比表面积随之加大, 带来的结果是矿物纤维表面 Zeta 电位的绝对值变小。表面活性剂对纤维 Zeta 电位的影响见图 3。

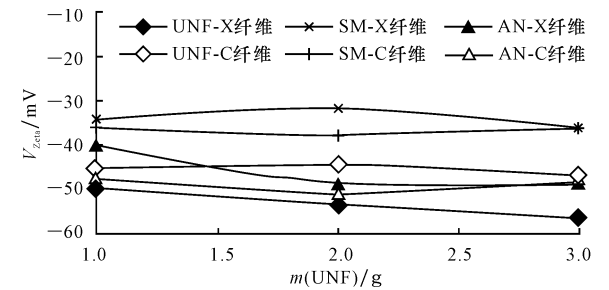


图3 表面活性剂用量对纤维表面 Zeta 电位的影响

Fig. 3 Effects of Surfactant Dosage on the Zeta Potential of the Fiber Surfaces

由图3可见, 在表面活性剂用量一定的溶液中, 水镁石纤维的表面均呈现负电性, 其中OT和SM分散悬浮液水镁石纤维的 Zeta 电位绝对值较小。随着表面活性剂用量的增加, 纤维表面的负电荷有增加趋势, 表现为 Zeta 电位绝对值变大。

### 2.4 松解效果扫描电镜分析

为了验证表面活性剂对纤维的松解效果, 在 2 g SM 表面活性剂 80 mL 水中对 4 g X 级纤维化学进行松解, 并在日产 JSM-5800 型扫描电镜上进行了显微形貌观察(图4)。

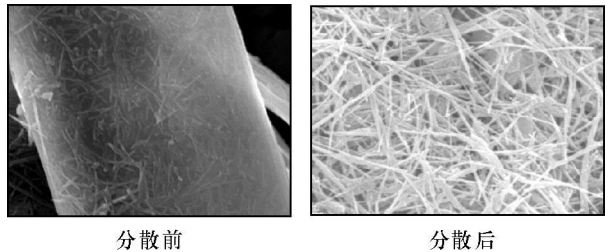


图4 表面活性剂分散前后水镁石纤维 SEM

Fig. 4 SEM Photos of Brucite Fibers Before and After Dispersion

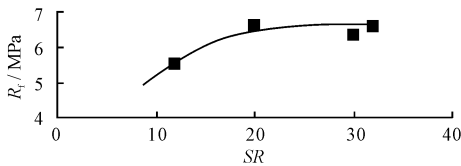
从图4中化学分散前可以看出, 天然水镁石纤维具有二次结构, 即每一根纤维是由无数更细的纤维组成。经过分散处理后, 每根粗纤维中的细纤维解体成单纤维。经过多张图统计分析, 天然水镁石

纤维的直径为 1.5~16.3 μm, 解离后单根细纤维直径为 45~110 nm, 大部分处于 60 nm 左右。纤维直径由微米级下降为纳米级, 这对于纤维在复合材料中发挥增强作用将会十分有利<sup>[8-10]</sup>。

### 2.5 表面活性剂松解后纤维对混凝土性能的影响

考察表面活性剂松解后纤维对混凝土性能的影响, 对此进行了水镁石纤维增强混凝土试验。基准混凝土配合比为 42.5 号普通硅酸盐水泥 : 水 : 砂 : 石 = 400 : 168 : 724 : 1198, 外加混凝土体积量 0.5% 的 X 级水镁石纤维及纤维质量不同比例的表面活性剂。试验按照国家行业标准《公路工程水泥混凝土试验规范(JFJ053-94)》<sup>[5]</sup> 进行。

图5是纤维分散叩解度与混凝土 28 d 抗折强度的关系图, 可以看出, 随着纤维叩解度的增加, 混凝土抗折强度均增加。当叩解度达到一定数值后, 混凝土强度不再增加, 趋于饱和, 说明单根细纤维已经完全开松。



5 纤维叩解度对混凝土 28 d 抗折强度的影响

Fig. 5 Effects of Fiber Beating Degrees on the Concrete 28 d Flexural Strengths

## 3 结语

在水镁石纤维化学分散工艺中, 表面活性剂种类及用量对纤维的叩解度、纤维的表面电位、悬浮液的粘度均有影响, 其中对不同等级纤维的影响有差异。随表面活性剂用量增加, 纤维的叩解度一般呈上升趋势, 悬浮液的粘度一般有所增加。在阴离子型表面活性剂溶液中, 水镁石纤维的表面呈现负电性, 随表面活性剂用量的增加, 纤维表面的负电荷也有增加趋势。因此, 纤维的叩解度、纤维表面电位及悬浮液粘度之间有一定的正相关性。经过化学分散试验, 水镁石纤维得到了较好松解, 纤维直径由微米级下降至纳米级。将水镁石纤维应用于混凝土增强中, 随纤维叩解度的增加, 混凝土抗折强度呈增加趋势, 说明纤维的化学分散有利于纤维对混凝土增强作用的发挥。

(下转第 65 页)

较高的那一种水溶液的 pH 值要低于  $\text{HCO}_3^-$  质量浓度较低的水溶液的 pH 值。

7 结语

(1) 根据对上述计算结果分析, 可把混合溶蚀作用分为严格意义下的混合溶蚀作用类型和广义的混合溶蚀作用类型。严格意义下的混合溶蚀作用指的是由于混合而使混合水的  $\text{CaCO}_3$  溶解量相对增大的混合作用, 广义的混合溶蚀作用是指由于混合而使混合水的  $\text{CaCO}_3$  沉淀量相对减少的混合作用。与混合溶蚀作用类似, 混合沉淀作用也可分为严格意义下的混合沉淀作用和广义的混合沉淀作用两种类型。严格意义下的混合沉淀作用指的是由于混合而使混合水的  $\text{CaCO}_3$  沉淀量相对增大的混合作用, 广义的混合沉淀作用是指由于混合而使混合水的  $\text{CaCO}_3$  溶解量相对减少的混合作用。

(2) 两种天然水的混合, 按照端元水样成分的不同, 不仅可以发生混合溶蚀作用或混合沉淀作用, 而且还可以发生下述情况, 即两种水的混合在部分混合比例段上发生混合溶蚀作用(广义的混合溶蚀作用), 而在另一部分混合比例段上发生混合沉淀作用(广义的混合沉淀作用)。对于具体的天然水样混合是发生那种作用, 主要由水样中  $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{Ca}^{2+}$  的质量浓度比例关系及水样的 pH 值所决定。

参考文献:

[ 1 ] Bogli A. Karst Hydrology and Physical Speleology [ M ]. Berlin: Springer Verlag, 1980.

[ 2 ] 任美镔, 刘振中. 岩溶学概论 [ M ]. 北京: 商务印书馆, 1983.

[ 3 ] 袁道先, 蔡桂鸿. 岩溶环境学 [ M ]. 重庆: 重庆出版社, 1988.

[ 4 ] Ford D C, Williams P W. Karst Geomorphology and Hydrology [ M ]. London: Unwin Hyman, 1989.

[ 5 ] Tudgill S T. Solute Processes [ M ]. John Wiley and Sons 1986.

[ 6 ] 龚自珍. 桂林地区岩溶水混合溶蚀试验 [ J ]. 中国岩溶, 1987, 6( 3 ): 245 252.

[ 7 ] 钱 会. Bogli 混合溶蚀理论及其在实际应用中所存在的问题 [ J ]. 中国岩溶, 1996, 15( 4 ): 367 375.

[ 8 ] Crerar D A. A method for Computing Multicomponent Equilibria Based on Equilibrium Constants [ J ]. Geochim Cosmochim Acta, 1975, 39: 1 375 1 384.

[ 9 ] Morel F, Morgan J J. A Numerical Method for Computing Equilibria in Aqueous Systems [ J ]. Environ Sci Tech, 1972, 6: 58 67.

[ 10 ] Reed M, Spycher N. Calculation of pH and Mineral Equilibria in Hydrothermal Waters with Application to Geothermometry and Studies of Boiling and Dilution [ J ]. Geochim Cosmochim Acta, 1984, 48: 1 479 1 492.

[ 11 ] Ting Po I, Nancollas G H. EQUIL A general Computation Method for the Calculation of Solution Equilibrium [ J ]. Analytical Chemistry, 1972, 44: 1940 1 950.

[ 12 ] Wolery T J, Walters L J. Calculation of Equilibrium Distribution of Chemical Species in Aqueous Solutions by Means of Monotone Sequences [ J ]. Mathematical Geology, 1975, 7: 99 115.

[ 13 ] Parkhurst D L, Thorestenon D C, Plumer L N. PHREEQE A Computer Program for Geochemical Calculations [ R ]. Washington: USGS Water Resour Invest Rept, 1980.

[ 14 ] 钱 会. 水溶液中各化学组分可能存在形式分配及溶液 Eh 值的计算方法 [ J ]. 西安地质学院学报, 1987, 9( 3 ): 69 80.

[ 15 ] 郑西来. 多级收敛法计算天然水中无机离子分布 [ J ]. 水文地质工程地质, 1990, 16( 3 ): 53 55.

[ 16 ] Arnorsson S, sigurdsson S. The Chemistry of Geothermal Waters in Iceland: Calculation of Aqueous Speciation from 0 ℃ to 370 ℃ [ J ]. Geochim Cosmochim Acta, 1982, 46: 1 513 1 532.

[ 17 ] Plumer L N, Parkhurst D L, David R K. MIX2: A Computer Program for Modeling Chemical Reaction in Natural Waters [ R ]. Washington: USGS Water Resour Invest Rept, 1975.

[ 18 ] 钱 会, 李俊亭. 混合水 pH 值的计算 [ J ]. 水利学报, 1996, 27( 7 ): 16 22.

[ 19 ] 钱 会, 胡建刚. 天然水  $\text{CaCO}_3$  侵蚀量与沉淀量的计算方法 [ J ]. 西安地质学院学报, 1996, 18( 4 ): 45 52.

( 上接第 49 页 )

参考文献:

[ 1 ] 董发勤, 万 朴, 周开灿. 水镁石纤维的环境安全性研究 [ J ]. 矿物岩石地球化学通报, 1997, 16( 1 ): 43 46.

[ 2 ] 陈开俊. 水镁石应用研究现状 [ J ]. 矿产保护与利用, 1996( 2 ): 33 37.

[ 3 ] 董发勤, 潘兆鲁. 陕南水镁石纤维 (FB) 的物理性质研究 [ J ]. 西南工学院学报, 1995, 10( 4 ): 5 15.

[ 4 ] 刘开平, 周敬恩. 水镁石纤维/水泥基复合材料的试验研究 [ J ]. 混凝土与水泥制品, 2003( 3 ): 32 35.

[ 5 ] Liu Kaiping, Chen Hewei, Zhou Jing'en. Investigation of Brucite Fiber Reinforced Concrete [ J ]. Cement and Concrete

Research, 2004, 34( 11 ): 1 981 1 986.

[ 6 ] 王 全, 张 良. 水镁石纤维在增强水泥制品中的应用 [ J ]. 混凝土与水泥制品, 2000( 1 ): 42 43.

[ 7 ] 刘开平, 赵崇阳, 杨学贵, 等. 减水剂对水镁石纤维的松解作用研究 [ J ]. 矿业研究与开发, 2005, 25( 5 ): 46 49

[ 8 ] 刘开平, 周敬恩. 用纳米技术改造传统矿物材料的思考 [ J ]. 国土资源与环境, 2002( 3 ): 20 23.

[ 9 ] 余志伟. 改性填料提高复合材料抗冲击性能研究 [ J ]. 西安工程学院学报, 2001, 23( 3 ): 75 78.

[ 10 ] 冉松林, 沈上越, 汤庆国, 等. 坡缕石 / 聚合物纳米复合材料的研究进展 [ J ]. 地球科学与环境学报, 2004 26( 4 ): 28 31.