

陕西省科学基金、博士点基金 联合资助项目

*STUDY ON APPLIED
MINERALOGY OF
FIBROUS BRUCITE (FB)*

纤维水镁石(FB)
应用矿物学研究

董发勤 万 朴 潘兆橹 周开灿 彭同江 著

*Dong Faqin Wan pu Pan Zhaolu
Zhou Kaican Peng Tongjiang*

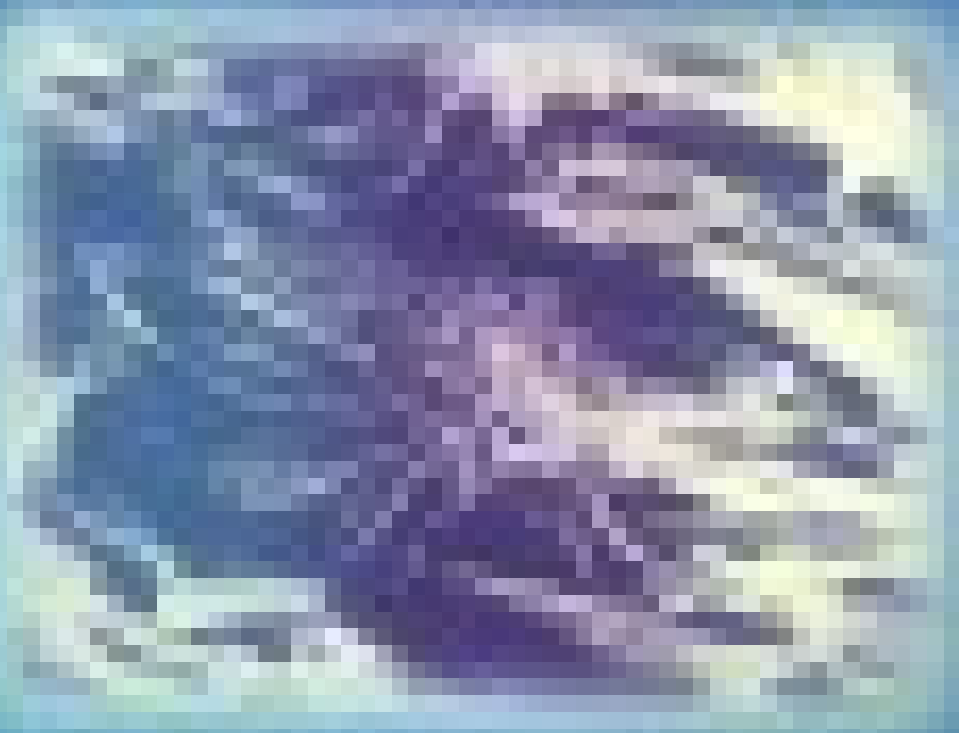


四川科学技术出版社

中国地质大学(北京) 地质研究所 地质研究所

纤维水硬石(纤维) 应用矿物学研究

作者：[作者姓名] 出版社：[出版社名称]



陕西省科学基金
国家教委博士点基金
联合资助项目

纤维水镁石(FB) 应用矿物学研究

董发勤 万 朴
潘兆橧 周开灿
彭同江

四川
科学技术出版社
1997 年·成都

纤维水镁石(FB)应用矿物学研究

编 著 者 董发勤 万 朴 潘兆槽
周开灿 彭同江
责任编辑 周绍传
封面设计 力 科
责任出版 邓一羽
出版发行 四川科学技术出版社
成都盐道街3号 邮编 610012
开 本 880×1230 毫米 1/16
印张 14 字数 450 千
插页 6
印 刷 西南工学院印刷厂
版 次 1997 年 9 月成都第一版
印 次 1997 年 9 月第一次印刷
印 数 1—800 册
定 价 28.00 元
ISBN 7-5364-3643-2/TD·12

■ 本书如有缺损、破页、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

■ 如需购本书, 请与本社邮购组联系。
地址/成都盐道街3号
邮编/610012

■ 版权所有·翻印必究 ■

内容简介

本专著是两个陕西省科学基金项目“陕南黑木林水镁石、蛇纹石及其开发利用研究”、“纤维水镁石动物试验研究”(已结题)和博士论文“陕南黑木林纤维水镁石(FB)应用矿物学研究”、CIAD 项目资助子课题“The Solubility of FB in Several Ammonia Salts”及正在进行的国家自然科学基金项目“生物活性矿物纤维表面介体及其活化机理研究”(编号:49502025)和绵阳市科学基金项目“镁质添加型阻燃、补强母粒的研制”等课题成果的总结和浓缩。全书分两篇共六章约30 万字。

陕南黑木林纤维水镁石(FB)矿床是目前世界上唯一具有工业价值的特大型、纤维型水镁石矿床,著者从新型工业矿物——纤维水镁石的矿床矿物学、基础矿物学、应用矿物学和环境矿物学等方面进行了系统研究。特别是著者利用现代微束技术手段(包括透射电镜、扫描电镜、电子探针等)、波谱手段(包括X-ray、红外光谱、拉曼光谱、穆斯堡尔谱、可见光吸收谱、电子顺磁共振谱和热谱学分析等)和试验研究,对FB 及其伴生矿石的成分、结构、共生伴生组分及其成因,FB 的组成、成分变种、结晶方位,谱学测试与分析、FB 精细结构与纤维成因,FB 相变机理,FB 的一系列物理、化学及表面物理化学性质,FB 的应用试验(包括补强、阻燃剂、胶凝剂、提制轻质MgO 等),FB 环境矿物学调查与分析及水镁石矿床成因与找矿方向等方面进行工作,从而对该矿床的Br(水镁石)/FB/Serp(蛇纹石)生成演化提出看法,发现了富镍水镁石、Ni—Zn 水镁石(?)、铁水镁石和具有重要矿物学意义的水镁石新混层——Br/Liz/Chl(B/L/C,暂定)。

专著中全面总结了著者对FB 应用矿物学研究的系统成果,如报出了一批FB 的性能指标参数,提出了FB 的相变机理及其过渡相、相变条件(有无O₂,Fe)新观点,用分数维方法定量分析了FB 的相变微形貌变化特征,探讨了FB 的成因,并提出了测定Fe²⁺/Fe³⁺等金属离子浓度的新方法。

专著中著者论述了FB 的补强机理(在微孔硅酸钙中),并提出改进其质量的措施;总结了FB、水镁石、蛇纹石的活化和工业中试实验参数。对FB 的环境矿物学开展了工作、并对矿山粉尘污染防治提出了对策;也对矿床成因类型和工业类型提出了新看法,指出了我国水镁石矿床的有利成矿远景区。

本专著是课题组多年来对富镁质纤维矿物研究成果的结晶;本书的部分成果曾获1994 年陕西省科技进步二等奖。

本专著适合于从事矿物学、矿物材料学、矿物(纤维)粉尘与环境保护等方面的专业人员参考和交流,也可作为高等院校教师和研究生的教学参考书。

序

矿物学是一门既古老又充满活力的学科,它是地质学、地球化学,乃至地球物理学的基础学科,但又与国计民生休戚相关。当代科学技术的飞速发展,学科间的交叉渗透,以及人类对物质文明生活日益高涨的需求,已经使经典的矿物学发生了十分深刻的变化。自60年代以来,固体物理学、近代化学键理论、界面化学等新的理论成果的引进,准晶态物质、低温超导体物质的发现,电子微束技术、矿物谱学技术和超高压技术的广泛应用,空间探索、地球深部物质研究和高新技术材料的开发等等,使矿物学的研究内容和研究水平发生了质的飞跃。矿物学现正在经历其新的发展阶段——近代矿物学或高等矿物学的阶段。研究天然矿物既属于研究地球和天体物质组成的基础地质学范畴,也属于研究天然固体物质的物质科学范畴,因而具有双重的地位和作用。现代科技的发展和工农业生产的发展要求矿物学家们在研究理论问题的同时,要高度重视实际应用的研究,除在高技术领域的应用外,还必须最大限度地利用天然或人造矿物为解决人类所面临的资源、环境、人口和人类生存困境等重大难题做出自己的贡献。由于矿物种类繁多,结构类型多样,应用面很广,而且储量巨大,价格低廉,这就使我们矿物学工作者有潜力、有能力为科学发展和社会发展做出新的贡献。开拓矿物应用新领域、开发矿物应用新品种,提高资源的利用率,已成为我们矿物学工作者责无旁贷的一个重要任务。我们应该看到,往往一种新用途的开发成功,大到可以引起产业上的一次重大变革,最小也可以使矿物的利用明显增值。

令人高兴的是,一本新的有关矿物应用方面的研究成果问世了。《纤维水镁石(FB)应用矿物学研究》专著中所反映的成果是作者多年来在应用矿物学的学科思想指导下所进行的一次实践和探索,全书贯穿的一条主线就是应用,既有应用基础研究,又有开发利用成果,可以说是我国在纤维水镁石研究成果方面的系统总结。该专著在谱学研究与纤维的成因和增强机理研究方面有相当的深度;在纤维水镁石的应用面上有一定的广度;在纤维水镁石环境矿物学方面的研究工作既新颖又有特色,这些成果在近年来是不多见的,它无疑丰富了应用矿物学的内容。

在香港回归的大喜日子里,又有一本应用矿物学方面的专著与读者见面,实在是一件令我国矿物学界同仁感到庆幸的事情,我欣然命笔为其作序,以表示我最热烈的祝贺。

俄罗斯科学院院士

国际矿物协会前主席 谢先德教授

中国科学院广州分院院长

1997年6月12日于广州

前 言

新石器时代的诱人前景给新兴的矿物材料业赋予了强大的生命力,并带动矿物学界和材料学界日益重视矿物材料,并在其应用上呈现出迅猛发展的势头。

作为矿物材料的主要基础理论学科——狭义的应用矿物学(相对于A. C. Marfunin, 1987),是以矿物(以天然矿物为主、包括部分合成矿物和岩石)为研究对象,在探讨其成分结构和晶体化学特性的基础上,深层次地揭示矿物自身在各种物理化学条件下所具有的多样性质和效应,通过适当方法的加工处理,为工农业生产和建设提供新材料的新兴边缘学科。它是矿物学深入发展的必然和延续,是相对独立的矿物学新分支。本研究专著就是在这种新学科思想指导下开展工作的,是这方面长期研究成果的总结。

研究意义

尽管矿物材料的研制与应用在国内外刚刚兴起,但我国矿物应用水平,应用领域的广度和深度与发达国家相比已有很大差距,使我国十分丰富的矿物资源优势难于充分发挥。因此,重视矿物应用、研究矿物应用的途径与技术已成当务之急。本研究专著的理论意义在于:

1. 为应用矿物学的建立、矿物材料业的兴起及矿物应用水平的赶超,会产生积极的影响;也为应用矿物学研究内容和工作方法(程序)提供了一个可供讨论的范例。

2. 将把我国纤维水镁石(FB)矿物学、矿床学研究水平推进一大步(本研究专著是《陕南黑木林水镁石、蛇纹石及其开发利用》研究报告(部分)的延续和深化。该报告经省级评审认为“具有国内领先地位,在纤维水镁石(FB)矿物学研究方面达到国际先进水平”)。目前正在进行的国家自然科学基金项目“生物活性矿物纤维表面界体及其活化机理研究”,纤维水镁石的环境矿物学研究也是其重要内容之一。

3. 专著的研究意义还在于水镁石(Br),纤维水镁石(FB)所具有的独特性:①水镁石是自然界广泛存在的层状结构氢氧化物,除在地球上产出外[如从古老地台盖层、深变质带到现代陆表浅海(W. F. Giannini, 1988)、盐湖(K. A. Rodgers, 1988)和温泉(J. Launay, 1985);从沉积岩(P. L. Smith, 1978)、岩浆岩(B. A. Malkor, 1974, G. W. Berg, 1986)到变质岩(P. P. Smolin, 1978, S. Peacock, 1987),甚至工业废水(J. Mueller, 1986)、地下水

(C. Ndal, 1984)及上地幔(T. B. Karpinskaya, 1982)],在慧星碎屑(L. Mukhin, 1991)、碳质球粒陨石(I. R. Mackinnon, 1979)、大气粉尘(F. Pott, 1987)中均有发现;是含MgO最高,杂质含量易控制的工业矿物;许多制镁工艺(用其它原料),特别是高纯产品,多经历生成 $Mg(OH)_2$ 的中间阶段。②FB是目前最理想的温石棉代用天然增强材料,已引起日本大藏省和通产省的高度重视(刘学泽,刘杰,1991)。在我国,FB广泛应用于中档微钙保温材料[已出口欧美、南朝鲜等国(曾大斧,1990)]。故FB在当今国内外最流行的保温材料——微孔硅酸钙(MPCS)中的作用与代用范围的研究对提高我国MPCS产品的档次、节约原料、降低成本、改进现有的生产线等具有指导意义,并直接影响其以无石棉制品打入国际市场的竞争能力和产品价格。③水镁石的围岩,即蛇纹岩,实验已证明是具有广泛用途的工业矿物,如仅在制Mg上实现工业化生产,即可产生巨大的经济效益,并彻底改变我国镁资源(目前集中在东北)分布不均的局面,解除矿山尾矿堆放等环境污染,并为老石棉矿山转产提供了一条积极可行的出路。

4. 我国的水镁石矿床、矿点成因类型较全,中东部以块球型为主,中西部以纤维型为主。而黑木林FB矿床是世界上唯一具有工业价值的特大型纤维型矿床,其产、储量居世界第一位。对其深入研究有利于指导找矿(中国非金属矿产地地质勘测中心在我们预测的辽河群中发现大型水镁石矿床),也丰富了水镁石矿床的成因类型和工业类型。

本研究专著的实用性在于:

1. 澄清了一般用户把FB等同于温石棉的模糊错误认识,消除了人们对FB的顾虑,确立了FB代用温石棉的地位,为FB及其制品打入世界市场,直接出口创汇奠定了科学依据,正在产生巨大的经济效益和社会效益。一日本专家听到我国产出的FB和我们的研究成果时,曾兴奋地说:“我搞石棉近20年,寻找安全天然代用材料整整5年多,今天可把它在中国找到了,它是最理想的代用纤维。”

2. 提出FB是一种独立的矿产资源,应单独参加储量统计。这样,我国FB产储量将居世界首位。

3. 提交了FB抄纸,阻燃剂,胶凝材料及提镁试验的实验室与中试阶段的工艺与技术,大大拓宽了FB的应用领域和开发围岩新产品的途径。

4. 提交的无尾工艺设计将促使堆积如山的尾矿利用起来,并减少环境污染。

研究现状

水镁石早已被矿物学家(G. Aminoff, 1919, 1921)所认识,20世纪50年代确定了它的晶体化学特征(C. Palache, et al, 1946, 吉木文平, 1958),并有零星测谱工作(D. D. Elleman, 1956, Benesi, 1959);60年代~70年代,前苏联远东地质局发现纯水镁石岩,大大促进了水镁石矿床学研究(П. П.

Смопин, 1957, 1977, А. В. Каеакоб, 1974, А. А. Знбобоба, 1977), 而苏、加学者侧重于矿床成因、岩石化学、矿物共生组合及结构构造等方面 (E. W. Whittaker, 1987, P. P. Smolin, 1978, V. I. Fonarev, 1976, A. P. Moddleton, 1978, F. S. Wicks, 1977), 英美学者偏重于成矿条件、实验模拟 (R. C. Peterson, 1978, J. D. Hancock, 1972, E. Zen, 1976), 人工 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和水镁石的红外光谱和相变过程研究 (P. S. Anderson, et al, 1962, 1965, 1970, 1970 a, b, M. C. Ball, et al, 1961, N. H. Brett, et el, 1967, E. I. Parkhonmenko, 1978, P. P. Smolin, 1978) 及氢键的研究 (W. Gieseke, 1970, F. Frund, 1972,)。80 年代, 苏、加、美等国先后发现了大型水镁石矿床, 并对其成因特征进行深入研究 (П. П. Смопин, 1984, V. P. Petrov, 1984)。至此, 水镁石才作为一种工业矿物开发其利用途径, 如纸张填料, 涂料填料 (徐梁帮, 1986, E. S. Boike, 1986, 董发勤, 1989, 1991), 高级电熔镁砂 (K. V. Simonov, 1987), $\text{Mg}-\text{C}$ 砖的高纯死烧 Mg 砂 (A. Szaba, 1985, G. S. Belyaov, 1986) 及制取 Mg 试剂的一切部门中 (刘劲鸿, 1986, 董发勤, 1991)。新近又研制铬酸废水中和剂 (Rom., 1988, No. 9429030), 陶瓷原料 (E. Mujor, 1988), 抗热电缆填料 (E. S. Boik, 1988), 防火涂层材料 (Matokihideo, 1986, No. 61205675), 开发阻燃剂 (L. Roger, 1991), 及水镁石重结晶、热化学加工优化处理 (Y. M. Giakin, 1990)。

同时, 在矿物学方面开展了似水镁石层状结构二价离子的红外光谱 (G. Franz, 1982, G. W. Brindley, 1984, J. L. Sheu, 1988, M. B. Kruger, 1989)、溶解过程 (H. W. Day, 1985, W. Casay, 1986, F. C. Lin, 1986, T. Franz, et al, 1988,), $\text{MgO}-\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 相平衡关系 (F. Lin, 1981, A. I. Benimoff, 1984, R. Blickwedel, 1983) 及合成 (L. A. Sherstobitova, 1982) 与热动力学研究 (D. Fatu, 1984, M. Bondi, 1983)。相变机理研究还在继续 (G. M. Gusev, 1987, M. G. Kim, 1987)。日、苏则积极开展蛇纹岩中的水镁石 (L. V. Agatanovo, 1986) 及波特兰水泥中 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 相的研究 (M. B. Kruger, 1989)。

我国对水镁石的研究起步很晚, 尽管 60 年代把 FB 当作温石棉进行了初步勘探, 70 年代已大量生产, 但水镁石一直被当作稀少伴生、次生矿物, 一直未进行深入的矿物学、矿床学、应用矿物学的全面系统研究。自 27 届国际地质大会以后, 水镁石研究才逐渐展开。张光荣等 (1981)、江绍英等 (1987) 对川矿 FB 作了初步鉴定、研究, 朱自尊等 (1986) 在研究石棉矿物时对川矿、祁连、黑木林等地 FB 进行了矿物学工作和部分物性测试; 刘劲鸿 (1985)、左培锦等 (1985) 分别对吉东和西峡水镁石地质特征和成因, 找矿方向作了初步研究; 万朴^① 等 (1988) 对黑木林矿床及矿物学进行了初步研究; 郭奕清等 (1984)、胡正国 (1986, 1987)、卢志诚等 (1981) 对黑木林矿床

① 万朴等,《我国西北地区超镁铁质岩型纤蛇纹石石棉矿床成矿地球化学作用及远景评价》, 1988。

地质特征及构造控制作了初步总结。但我国FB 研究一直依附于温石棉(CA)的研究,还没有把水镁石当作一种新型工业矿物来对待,从而使水镁石矿床的成因、地质特征、成矿条件和找矿标志缺乏深入研究,导致我国水镁石矿床找矿工作至今没有突破,水镁石矿物应用开发尚属空白(至1992年)。

由上可见,水镁石的研究工作存在下述几个方面的不足:①水镁石成分变种和形态种(FB)研究不深入;②谱学研究和物性测试没有系统化;③相变机制存在很大争议;④除提Mg 外、水镁石的其它应用研究没有展开;⑤水镁石矿床的研究总结几乎只局限在碳酸岩型的球、块状水镁石和人工合成Mg(OH)₂ 上。

陕南黑木林FB 矿床储量约700 万吨,属特大型水镁石矿床,产于超基性岩中,开采利用已近40 年,而其研究工作却远远落后于它的实际应用,且在储量统计与实际应用上与温石棉(CA)混同。本研究专著针对上述的薄弱环节,开展了本矿区FB 应用矿物学的研究工作,其中主要包括:

①FB 的矿石学、矿物学;②谱学;③相变机制;④物化性质;⑤FB 应用(增强、造纸、阻燃,提Mg 等)及围岩利用;⑥FB 环境矿物学研究及对FB 矿床的几点认识。主要工作量见表1。

表1 研究测试工作量一览表
Table 1 The tatol amount of work in this research book

野外调研	110 余天(5 次)	岩矿标本	110 块	薄片	50 片
化学分析样	20 件	微量元素分析样	10 件	探针样	15 件
X 光分析样	120 件	红外谱样	65 件	差热样	35 件
扫描电镜样	61 件	透射电镜样	10 件	可见光谱样	11 件
穆谱样	20 件	电子顺磁谱样	20 件	拉曼谱样	13 件
力学样	14 件	表面电性样	8 件	热膨胀样	8 件
导热样	14 件	电学样	11 件	比重样	38 件
热台样	18 件	白度样	3 件	打浆度样	6 件
同位素样	6 件	包体测温样	16 件	静态热失重样	50 件
溶解样	10+80 件	酸蚀样	95+20	燃烧热样	4 件
氧指数样	12 件	磁学样	50 件	硬度样	10 件
粉尘样	3 件	微钙样	7 件	抄纸样	6 件

主要成果

1. 对FB 矿石的成分、矿物组成、结构构造进行了细致的观察和分析,

对水镁石/FB/蛇纹石生成演化提出了看法。

2. 发现了水镁石新混层矿物——Br/Liz/Chl(暂定)

3. 首次全面开展了FB应用矿物学研究。在系统测试其物理化学性质的基础上,对其有前景的应用方面开展了实验研究,某些成果已申请专利。报出了一系列FB的性能指标参数,某些参量填补了国内外测试数据的空白,为FB的工业利用打下了扎实的基础。

4. 对FB的相变机理及其过渡相,相变条件(有无Fe、O₂)提出新观点,首次用分数维理论对相变微形貌变化进行了定量分析。

5. 在全面研究FB谱学特征的基础上,首次对FB内部结构的成因进行了探讨,并提出测定Fe²⁺/Fe³⁺等金属离子浓度的新方法。

6. 对国内外FB型微孔硅酸钙保温材料特性及FB的补强机理进行了研究,提出了改进产品质量的措施。首次对FB、水镁石、蛇纹石的活化进行了研究,并为它们的工业中试利用提供了实验参数。

7. 首次对FB的环境矿物学开展了工作,并对矿山的粉尘污染防治提出了对策。

8. 对FB矿床形成条件、控制因素、及其成因类型和工业类型提出新看法,并指出了我国水镁石矿床的有利成矿远景区。

9. 提交了该矿山无尾矿工艺的设计方案。

本专著是“陕南黑木林纤维水镁石应用矿物学研究”博士论文,“陕南黑木林水镁石、蛇纹石开发利用研究”省级科研项目(已获1994年陕西省科技进步二等奖),“纤维水镁石安全性动物试验研究”(省级科研项目,已结题)“The Solubilities of Fibrous Brucit in several Inorganic Ammonia Salts”CIDA项目子课题(在劳伦丁大学完成)以及“生物活性矿物纤维表面界体及其活化机理研究”国家自然科学基金项目(正在进行,编号:49502025)和“镁质无机添加型阻燃补强多功能母粒研制”市级项目研究成果的汇总和浓缩,有些研究工作目前还在继续中。由于水平和时间所限,书中错误在所难免,敬请各位同仁批评指正。

矿物材料的兴起使人们感受到了后工业社会新材料先导科技的脉搏,听到了第二个新石器时代迈向我们的脚步声。

谨以此专著献给致力于矿物材料及应用事业的新老朋友们。

作者

一九九六年七月

INTRODUCTION

This monograph summarizes and concentrates the main achievements of “Study on brucite and serpentine and their applications at Heimulin in the south of Shaaxi”, “Study on the safety of FB by animal experiment” supported by Science Fund of Shaanxi and doctoral thesis “Study on applied mineralogy of fibrous brucite (FB) at Heimulin, Shannan”, “The solubility of FB in several ammonia salts” supported by CIDA Project, as well as the projects at present “Study on the Surface medium of biological active mineral fibers and its activated mechanics” supported by National Natural Science Foundation of China (NSFC Grant No. 49502025) and “Study on adding magnesian material particle of flame retardant and strength-forced” supported by Science Fund of Mianyang City. The whole treatise divided into two parts and six chapters concluded about 300, thousand words. It is only one of the largest fibrous brucite (FB) deposit that possesses industrial value in the all world located in Heimulin of the south in Shaaxi province. Authors systemically study on, the new industrial mineral, fibrous brucite in ore mineralogy, basic mineralogy, applied mineralogy and environmental mineralogy.

The research includes the compositions, textures, paragenesis and associated minerals and their genesis of the FB and its associated ores; the composition, sub-specie, crystal direction and the spectroscopic analysis; the fine structure and fibre genesis; the phase transform mechanics; the series of physical and chemical properties and the experiments for usage (strength-forced, flame retardant, gel, refined MgO etc.), the investigation and analysis of FB environmental mineralogy (EM). Writers propose new view about brucite (Br)/FB/serpentine formation and evolution, found the rich Ni Br, (Ni—Zn)—Br iron—Br and new mixed layer mineral —Br/Liz/Chl (not fixed) which has very important significance of mineralogy, by mean of mordon micro-beam techniques (TEM, SEM, EP etc.), spectroscopic techniques (X—ray, IR, R, Moss, light absorption spectra, ESR, TG—TDA etc.) and experiment research.

Writers firstly launch the work of FB applied mineralogy (A. M.), report the numbers of its properties indexes, research its futuristic usages; put forward new points about FB phase change mechanics, transition phase, phase change conditions (existed O_2, Fe) and new method of testing Fe^{2+}/Fe^{3+} concentration and its deposit and industrial type; firstly observe the micro-morphology of FB phase change productions with the fractal method and discuss the fibre genesis

Also study the strength-forced mechanics (in micro-porous calcium silicate (MPCS)) and raise the measures improved MPCS quality; work on the activations of FB, Br and serpentine for their industrial utilization; firstly investigate the pollution and professional diseases and advance the protected suggestions of mine dust pollution out the prospecting area of Br deposit in China.

Finally, Writers put forward the six conclusions:

1. FB is a morphological sub-species of Br; fiber's long axis // a axis; the fiber shape of brucite is the effect cooperating together with lattice structure distortion, adding H bond and outer stress. The new discovered Ni—Br etc. sub-species of Br enrich the content of Br mineralogy.

2. The discovery of B/L/C mixed layer mineral quitely is enlarged the boundary of the basic unit of mixed mineral and possessed with an important mineralogical significance.

3. There is a medium transision phase in FB and Br phase change but the medium phase structure not known exactly.

4. FB is a new industrial mineral, its properties may catch or overpass chrysotile asbestos in most field but not in all aspects and properties index complete replacing chrysotile asbestos. FB will be a wide usage in flame retardants.

5. FB is a kind of safe mineral fiber that any harmful effect not having been found in human body and environment.

6. FB deposit in Heimulin is a new kind of Br deposit in genesis and industry. FB, different from "general asbestos", should count its reserves independently and develop its application on the view of new mineral deposit and new resource.

This monograph is a fruit that the researching group has gained the much achievement on study high magnesian fibrous minerals for many years. The chief part achievement of this book had gained the second prize of The Science and Techonology Progress Award of Shaaxi provence.

国际单位及其中文对照说明

(°)	度	(°)/min	度/分	cm ⁻¹	厘米 ⁻¹
C	摄氏度	K	开尔文	mW	毫瓦
km	千米	m	米	cm	厘米
mm	毫米	μm	微米	nm	纳米
Å	埃	km ²	平方公里	μm ²	平方微米
m/s	米/秒	mm/s	毫米/秒	mm/min	毫米/分
r/min	转/分	ml	毫升	ml/min	毫升/分
wt %	重量百分比	A/m	安/米	T	特斯拉
G	高斯, 1G = 10 ⁻⁴ T	(Oe)	奥斯特, 1 Oe = 1000/4π A/m	kg/m ³	千克/立方米
g/mm ³	克/立方毫米	mg/m ³	毫克/立方厘米	g/cm ³	克/厘米 ³
g/m ³	克/立方厘米	MHz	兆赫兹	kHz	千赫兹
kV	千伏	mV	毫伏	erg/G	尔格/高斯
mA	毫安	h	小时	s	秒
min	分	C/min	摄氏度/分	t	吨
kg	千克	g	克	mg	毫克
kJ/mol	千焦/摩尔	erg/cm ³	尔格/厘米 ³	atm	大气压, 1atm = 1.0135 × 10 ⁵ Pa
Pa	帕	Mpa	兆帕	mmHg	毫米汞柱, 1 mmHg = 133.322 Pa
kg/cm ²	千克/厘米 ²	(kb)	千巴, 1 bar = 10 ⁵ Pa	Ω · m	欧姆 · 米
cm ³ /g	厘米 ³ /克	W/(m · K)	瓦/(米 · 开)	W/(m · C)	瓦/(米 · 摄氏度)
m/C	米/摄氏度	m ² /g	平方米/克	SR°	打浆度
ml/g	毫升/克	J/(kg · C)	焦/(千克 · 摄氏度)	g/m ²	克/平方米
kg/m ²	千克/平方米	μS/cm	微西/厘米	g/L	克/升
g/s	克/秒	t/a	吨/年		

注: 所列单位仅为文中出现的物理量和技术中所用之单位, 排列未分学科和先后。

目 录

第一篇 纤维水镁石(FB)矿物学研究

第一章 世界第一个大型纤维水镁石(FB)

矿床的基础矿物学研究	3
第一节 陕南黑木林纤维水镁石矿床的基本特征	3
一、概述	3
二、矿体特征	4
三、纤维特征	4
四、水镁石矿石类型及特征	4
五、天然矿石成分	5
第二节 纤维水镁石的化学成分特征	9
一、水镁石单矿物成分	9
二、纤维水镁石的微量元素	14
三、纤维水镁石的成分特征	15
第三节 纤维水镁石新成分变种的发现	17
一、富镍水镁石	17
二、镍锌水镁石	18
三、铁水镁石	18
第四节 FB 的晶体结构特征	18
一、概述	18
二、FB 粉晶X-ray 分析及晶胞参数计算	19
第五节 水镁石新混层(Br/Liz/Chl)的发现与初步研究	27
一、有关概念	27
二、水镁石混层矿物的发现及初步确定	27
三、新混层矿物单元层的初步确定	30
四、B/L/C 的其它特征	33
五、B/L/C 多体理论分析	33
第六节 纤维水镁石的共生伴生矿物特征	34
一、原岩中残留的矿物	34
二、水镁石的共生、伴生及次生组分特征	35

第二章 纤维水镁石(FB)的谱学研究	
及其精细结构与成因	40
第一节 纤维水镁石的振动谱学研究	40
一、水镁石的群论分析	40
二、纤维水镁石红外(IR)、拉曼(R)光谱及其归属	42
三、纤维水镁石振动谱学特征	44
四、热处理FB的振动谱学特征	46
第二节 纤维水镁石穆斯堡尔谱研究	50
一、纤维水镁石穆斯堡尔谱特征	50
二、纤维水镁石穆斯堡尔谱提供的结构信息和加热相变信息	51
三、定向谱	54
第三节 FB的紫外——可见——近红外光吸收谱研究	55
一、FB的色素离子与光吸收谱	56
二、水镁石光吸收谱的晶体场分析	56
三、纤维水镁石的光吸收谱特征	61
四、纤维水镁石的近红外光谱特征	62
五、水镁石矿物颜色指数与呈色本质	63
六、测定 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 比的一种新方法	63
第四节 FB电子顺磁共振谱研究	65
一、纤维水镁石矿物的ESR谱及其参数	65
二、纤维水镁石矿物ESR谱的量子力学分析及谱图指认	66
三、水镁石ESR谱的特征	72
第五节 FB热谱学分析	75
一、FB的热谱特征	75
二、FB的脱水动力研究	78
第六节 FB的精细结构与纤维成因	80
一、水镁石晶体结构畸变特征与原因	80
二、FB畸变特征与效应	81
三、FB内部结构分析	81
第三章 FB相变机理的探讨	83
第一节 FB相变过程及其产物的研究	83
一、XRD分析	83
二、谱学特征	86
三、热台观察	87
四、SEM观察和相变过程的分数维描述	88
五、加热FB物性变化特征及其结构信息反馈	90
第二节 FB相变微观机理的探讨	90

第二篇 纤维水镁石(FB)的应用研究

第四章 FB 物理化学性质的测试与研究	94
第一节 纤维水镁石的物理性质研究	94
一、力学性质	94
二、电学性质	97
三、磁学性质	99
四、热学性质	101
五、光学性质	108
第二节 纤维水镁石的化学性质研究	109
一、FB 在强酸、碱中的稳定性	109
二、FB 在弱酸中的稳定性	111
三、FB 在水中稳定性	113
四、FB 在几种无机铵盐中的溶解性研究	115
第三节 纤维水镁石的物理化学性质研究	115
一、比表面积	115
二、FB 表面电动电位测定	116
三、水镁石的纤维性质	117
第五章 纤维水镁石(FB)的应用研究	121
第一节 微钙材料的特性与FB 的补强机理	121
一、概述	121
二、雪硅钙石型MPCS 保温材料的特征	124
三、雪硅钙石型MPCS 保温材料的SEM 结构观察	130
四、FB 在MPCS 中的作用及补强机理	132
第二节 纤维水镁石的抄纸试验研究	141
一、抄纸试验	141
二、性质测定	142
第三节 纤维水镁石阻燃剂的研制与中试	144
一、FB 阻燃燃烧热测定	144
二、FB 的阻燃聚丙烯氧指数测定	145
三、FB 加入对聚丙烯机械性能的影响	146
四、FB 的阻燃机理	146
五、FB 多功能阻燃剂的中试生产	146
第四节 镁质胶凝效果试验研究	147
一、水镁石活化产物的活性与水化	147