

白云鄂博矿物学

陈树屏 周克勤 著

冶金工业出版社

56.86027
549
C1

白云鄂博矿物学

张培善 陶克捷 著

21574/57

(21574/36)



内 容 简 介

白云鄂博是世界著名的大型铁铈稀土矿床，成矿条件复杂，矿床类型奇特，矿物种类繁多，蕴藏着大量罕见的稀土矿物和铈矿物，产出的新矿物，达十五种，有的新矿物至今尚未在世界其他地方发现，因此，白云鄂博为当代矿物学研究的宝地。

本书内容分两部分论述，前一部分为白云鄂博矿物学概论，后一部分为矿物各论。概论中论述了矿床地质背景和矿物形成条件，并着重论述了矿床中特征的稀土钪钇铈酸盐的矿物学和稀土氟碳酸盐的矿物学问题。各论中按矿物的晶体化学分类原则，即按硫化物类、氧化物类、碳酸盐类、硫酸盐类、磷酸盐类、硅酸盐类等，依次列出了矿床内一百四十余种矿物的详细矿物学研究数据，并按顺序对每一矿物的形态、物理和光学性质、X-射线粉晶数据、化学性质和化学组成、稀土配分、以及矿物共生组合和产状进行了描述。

全书矿物研究资料充实，图文并茂，真实地反映出白云鄂博丰富多彩的矿物内容，本书既可作为广大地质工作者的手册，又可作为高等学校教师和科研人员参考用书。

白 云 鄂 博 矿 物 学

张培善 陶克捷 著

责任编辑 衣晓云

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1986年4月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1986年4月第一次印刷 印张：12 $\frac{1}{2}$

印数：精1—600 插页：精10平8
平1—800 字数：282,000

统一书号：13031·3129

本社书号：5028·13—14

定价：布面精装 5.60元
平 装 4.10元

科技新书目：115—精17平18

序

我很高兴为《白云鄂博矿物学》一书作序,这是因为白云鄂博是驰名中外的一座宝山,它蕴藏着数倍于中国以外的稀土金属世界储量,以及大量铁矿及铌等其他稀有金属资源;矿床中的矿物丰富多彩,新矿物之多和稀有矿物之富,不但在全国首屈一指,在世界也属罕见。

白云鄂博矿物研究在我国矿物学研究发展中占有重要地位,白云鄂博矿床的复杂矿物物质成分的逐步鉴定清楚和众多的新矿物的陆续发现,以及后来对这些矿物的深入研究,反映了我国矿物学的发展过程。以矿物结构分析为例,白云鄂博发现的新矿物(包头矿、钽铁钛石、黄河矿、氟碳铈钨矿、中华铈矿、大青山矿)以及一些稀有矿物(硅铈铌矿、碳铈钠石、氟碳钽铈矿等)的结构都是首先由我国学者测定的,所有这些矿物都具有新的结构型式。在包头矿结构中发现了四方环状硅氧骨干,这是继葡萄石架状层之后在我国发现的第二种新型硅氧骨干。黄河矿、氟碳铈钨矿、中华铈矿、氟碳钽铈矿和碳铈钠石的结构研究对建立钽-稀土氟碳酸盐矿物乃至整个无水碳酸盐矿物的晶体化学体系都有极重要的意义,所有这些都是对世界矿物学的贡献,也把我国矿物晶体结构和晶体化学研究推进到一个新的阶段。

详细的矿物学研究成果,是白云鄂博矿床评价、矿山开采、特别是工业选矿、冶炼和提取、以及加工利用的科学依据;同时,对白云鄂博成矿理论的探索也是重要基础。

我国许多单位和学者对白云鄂博作了深入的研究工作,获得了大量的材料。将白云鄂博矿物研究的丰富资料系统整理并公开出版,对于提高我国矿物学研究水平,促进我国社会主义经济建设,都具有重要意义。

张培善同志从五十年代就开始研究白云鄂博的矿物,二十多年来取得了丰硕的成果,他是黄河矿、钽铁钛石和中华铈矿等许多新矿物的发现者,白云鄂博的许多稀有元素矿物是他首先鉴定出来的;他既拥有丰富的第一手材料,又系统地收集了有关单位的研究成果,因此,这本《白云鄂博矿物学》,可谓集白云鄂博矿物研究之大成,是一大贡献。

白云鄂博矿物研究和白云鄂博资源利用一样,具有广阔前景,本书的出版问世,就是这一前景的良好开端,而要彻底打开这一宝库,尚有待于大家的共同努力。今天,良好端倪已经出现,适逢建国三十五周年大庆,谨志热烈祝贺。

彭志忠

一九八四年国庆节

前 言

白云鄂博为当今世界已知特大型铁、铈、稀土多金属矿床，矿物种类繁多，成矿条件复杂，以元古界下部的硅质、泥质和碳酸盐质地层为基础，遭受海西期的岩浆活动和随之而来的钠氟热液的强烈交代，而形成举世无双的多种奇特矿物和矿物组合，研究这些矿物和矿物共生组合，对于丰富矿物学知识和综合利用矿物原料，都具有十分重要的理论意义和实际意义。

早在本世纪二十年代末期，地质学家丁道衡教授就发现了白云鄂博铁矿；三十年代初期，矿物岩石学家何作霖教授发现了矿石中的稀土元素和稀土矿物。在多年来的开发和研究，特别是建国后的大规模勘探开采和科学研究，进行了大量矿物研究工作，已经查明的矿物约有一百四十余种（包括矿物种、亚种和变种），涉及硅酸盐类矿物，氧化物类矿物、碳酸盐类矿物、硫化物类矿物、硫酸盐类矿物、磷酸盐类矿物等十一个矿物大类别。其中，以硅酸盐类矿物种类最多，其次为氧化物类矿物，再次是碳酸盐类矿物，其余类别的矿物不多。

本书内容分两部分，第一篇为白云鄂博矿物学概论，第二篇为白云鄂博矿物各论。在矿物学概论中，讨论了白云鄂博矿物学中的某些主要问题，如区域地质和矿床地质，成矿期和成矿阶段，稀土矿物学和铈钽矿物学问题，稀土稀有实验矿物学问题，同位素组成和成矿作用等问题。

在稀土矿物研究中，稀土和碱土的复碳酸盐类矿物具有重要意义，在稀土和铈钽矿物研究中，易解石族矿物占有特殊地位，故本书对以上二问题，分别以独立章节论述。

在白云鄂博矿物各论中，分别描述了研究过的矿物种、亚种和变种，内容为：矿物形态和结晶学，矿物物理性质，矿物光学性质，矿物热学性质，X-射线粉晶数据，矿物化学性质，矿物化学组成，矿物中的稀土配分，矿物晶体化学式，矿物产状及矿物共生组合。依次叙述。

本书中所涉及的约一百四十种矿物中，详细描述的计划有：自然元素类矿物一种；卤化物类矿物三种；硫化物类矿物八种；氧化物和氢氧化物类矿物四十四种（其中：铁和锰的氧化物和氢氧化物十五种，普通氧化物和氢氧化物七种，稀有氧化物矿物七种，钽钽铈酸盐的复杂氧化物矿物十五种）；碳酸盐和含水碳酸盐类矿物二十三种（其中：普通碳酸盐矿物七种，稀有碳酸盐和含水碳酸盐矿物七种，氟碳酸盐矿物八种，碳酸磷酸盐类矿物一种）；硫酸盐和含水硫酸盐类矿物五种；钼酸盐类矿物一种；磷酸盐和含水磷酸盐类矿物四种；硅酸磷酸盐类矿物一种；硅酸盐类矿物四十五种（其中：岛状硅氧四面体硅酸盐矿物十种，硅氧双四面体硅酸盐矿物六种，环状硅氧四面体硅酸盐矿物三种，链状硅氧四面体硅酸盐矿物十种，层状硅氧四面体硅酸盐矿物十一种，架状硅氧四面体硅酸盐矿物五种）。

白云鄂博是矿物学研究宝库，是当今世界上发现新矿物最多的地区之一，至目前为止，已发现黄河矿、包头矿、钽铁钛石、氟碳铈钽矿等十五种新矿物，随着研究工作的深入和测试仪器的现代化，将会继续发现新矿物。研究工作的内容，将会进一步丰富矿物学研究的知识。

白云鄂博单矿物化学全分析、特别是稀土稀有矿物化学全分析数量之多，国内首屈

一指,国际也属罕见。这些宝贵的第一性资料,是矿物学研究的重要依据,其中有些矿物以全新的化学组成和全新的结构出现。这些都是矿物学研究中的重要成果,大大丰富了矿物学研究的内容。

白云鄂博地质矿物研究是大家的劳动成果,是集体智慧的结晶,正是由于众多人员参与,才能结出今天的丰硕之果。除地质矿物界前辈何作霖教授殚毕生精力从事白云鄂博矿物研究外,参加研究的尚有中国科学院地球化学研究所:郭承基教授、司幼东教授,以及王中刚、李绍柄、洪文兴、裘愉卓、苏贤泽、王贤觉、傅平秋、张静、王一先、侯鸿泉、胡霭琴、王冠鑫、张月明、孔幼华。105地质队:总工程师任湘,以及高凡、孟宪玉、刘玉琨。中国地质科学院矿床研究所:袁忠信、白鸽。冶金部天津地质研究院:杨敏之、任英忱、孙未君、赵凤云、马凤骏、程敏清。中国有色金属工业总公司矿产地质研究院:梁有彬、魏明秀、庄士杰。武汉地质学院:彭志忠教授、以及沈今川、张建洪、马喆生、施倪承、西门露露。中国科学院物理研究所:李方华、杨大宇、樊汉节、范海福、千金子。中国科学院沈阳金属研究所:郭可信教授,以及叶恒强、邹本三。中国科学院地质研究所:张培善、陶克捷、姜传武、王守信、王凯怡、伊丽莹、胡辅佑、金成伟、叶大年、应育浦、叶元今、王晓刚、许志凡、张雯华、顾芷娟、段玉成、孙立刚、申建中。

此外,在早期尚有苏联学者E. M. 谢苗诺夫。

对于每一矿物的研究内容,深浅程度不一,较详者包括晶体形态结晶学、矿物物理性质、矿物光学性质(透射光光学性质和反射光光学性质)、矿物热学性质、矿物X-射线粉晶分析,X-射线单晶分析和晶体结构分析、矿物透射电镜和电子衍射分析、高分辨透射电镜分析、矿物红外光谱分析、矿物化学性质和化学组成(光谱分析、单矿物化学全分析、电子探针分析),矿物产状和共生组合。矿物中的稀土总量和各稀土分量测定结果是本书的重要内容之一,所用方法是X-射线荧光光谱分析和湿化学方法配合使用。总之,白云鄂博的金属矿物和稀土稀有元素矿物研究较详,而认为对利用或成矿无关或关系较少的造岩矿物或脉石矿物,则研究较弱。

为了叙述的方便,每一矿物的先后顺序,则依据通用的矿物学分类方法,依次叙述。

磷硅钙铈矿和大青山矿是两种跨大类的矿物,前者属磷酸硅酸盐类矿物;后者属磷酸碳酸盐类矿物,考虑到矿物晶体结构和晶体化学,前者放入磷酸盐类矿物中,后者放入碳酸盐类矿物中叙述。

白云鄂博的矿物学研究结果,不可能全部包括于本书之内,作者虽力求尽善尽美,完全反映这些成果,但毕竟只能反映这些丰硕成果的一个方面,关于这一点,作者敬祈读者和地质矿物界同行的谅解。

白云鄂博矿物学研究过程中,得到冶金工业部、包头钢铁公司、白云鄂博矿山的热情协助,作者藉此表示深切谢意。白云鄂博地质矿物研究经常受到侯德封、张文佑、涂光炽、叶连俊、郭承基、赵宗溥、吴利仁、李秉伦等教授的关心和鼓励,作者也表示深切谢意。特别是学术导师何作霖教授的长期教诲,作者将永志不忘。

彭志忠教授热情为本书作序,并与郭宗山教授和陈正教授为本书审稿,提出宝贵意见,作者一并深致谢忱。

本书图件由中国科学院地质研究所绘图组清绘,照片由桂文立、张亚光摄制,作者表示感谢。

目 录

序
前言

第一篇 白云鄂博矿物学概论

第一章 白云鄂博矿物学中的某些主要问题	3
一、白云鄂博一带区域地质概况.....	3
二、白云鄂博矿床的成矿期和成矿阶段.....	6
三、白云鄂博矿物研究意义.....	7
四、白云鄂博稀土矿物学问题.....	8
五、白云鄂博钛钽铌酸盐类矿物的矿物学问题.....	11
六、稀土稀有矿物的实验矿物学简介.....	12
七、白云鄂博某些矿物的几种同位素组成.....	13
八、白云鄂博某些矿物的形成温度.....	14
九、白云鄂博的新矿物及其地质学矿物学意义.....	14
第二章 论白云鄂博等地产出的稀土和碱土的复碳酸盐类矿物学问题	19
一、引言.....	19
二、钡稀土氟碳酸盐系列矿物.....	19
三、钙稀土氟碳酸盐系列矿物.....	25
四、关于镱稀土氟碳酸盐系列矿物存在的可能性.....	29
五、关于镁和稀土的复碳酸盐矿物及其他.....	32
六、结 论.....	32
第三章 论易解石族矿物学问题	33
一、易解石矿物分类和命名.....	33
二、从易解石矿物、地壳、球粒陨石中稀土的比较看地球的物质演化.....	34
三、世界各地易解石矿物的比较.....	36

第二篇 白云鄂博矿物各论

第四章 自然元素和卤化物类矿物	41
I-1.萤石 (41) I-2.表生萤石 (44) I-3.未名含氯矿物 (44) I-4.碳质物 (45)	
第五章 硫化物类矿物	46
II-1.黄铁矿 (46) II-2.磁黄铁矿 (46) II-3.黄铜矿 (47) II-4.方铅矿 (47)	
II-5.闪锌矿 (48) II-6.辉钼矿 (48) II-7.斑铜矿 (48) II-8.毒砂 (49)	
第六章 氧化物和氢氧化物类矿物	50
一、铁、锰氧化物和氢氧化物类矿物.....	50
III-1.磁铁矿 (50) III-2.赤铁矿 (51) III-3.钛铁矿 (52) III-4.褐铁矿 (54)	
III-5.针铁矿 (54) III-6.纤铁矿 (54) III-7.假像赤铁矿 (54)	

III-8. 假像磁铁矿 (55)	III-9. 磁赤铁矿 (55)	III-10. 铁尖晶石 (55)	III-11. 铬铁尖晶石 (55)	III-12. 黑镁铁锰矿 (56)	III-13. 硬锰矿 (56)	III-14. 软锰矿 (56)	III-15. 水锰矿 (57)
二、普通氧化物和氢氧化物类矿物57							
III-16. 石英 (57)	III-17. 玉髓 (58)	III-18. 蛋白石 (58)	III-19. 白钛石 (58)	III-20. 尖晶石 (58)	III-21. 锡石 (59)	III-22. 金红石和含铌金红石 (59)	
三、稀有氧化物类矿物60							
III-23. 钛铁金红石 (61)	III-24. 金绿宝石 (61)	III-25. 方铈石 (62)	III-26. 方钍石 (63)	III-27. 钶铁矿 (63)	III-28. 含钽钶铁矿 (65)	III-29. 钶钒铁矿或钒钶铁矿 (65)	
四、钛钽铌酸盐的复杂氧化物类矿物65							
*III-30. 铈褐钒钨矿 (65)	*III-31. 单斜铈褐钒钨矿 (67)	*III-32. 单斜铈褐钒钨矿 (67)	III-33. 单斜褐钒钨矿 (68)	III-34. 含铈单斜褐钒钨矿 (69)	III-35. 铌钙矿 (70)	III-36. 易解石族矿物 (71)	*III-37. 铈铌易解石 (72)
*III-38. 铈铌易解石 (74)	*III-39. 铈易解石 (75)	III-40. 铈易解石 (80)	III-41. 富铈铈易解石 (80)	III-42. 烧绿石 (82)	III-43. 含铈烧绿石 (84)	III-44. 含铈烧绿石 (85)	
第七章 碳酸盐类和含水碳酸盐类矿物88							
一、普通碳酸盐类矿物88							
IV-1. 方解石 (88)	IV-2. 白云石 (89)	IV-3. 铁白云石 (90)	IV-4. 锰铁白云石 (91)	IV-5. 菱铁矿 (92)	IV-6. 菱锰矿 (92)	IV-7. 毒重石 (93)	
二、稀有碳酸盐和含水碳酸盐类矿物93							
IV-8. 碳铈钠石 (93)	IV-9. 富铈文石 (94)	IV-10. 富钙菱铈矿 (94)	IV-11. 菱铈镁石 (95)	IV-12. 菱碱土矿 (95)	IV-13. 钡方解石 (斜钡钙石) (95)	IV-14. 镧石 (96)	*IV-15. 大青山矿 (96)
三、氟碳酸盐类矿物97							
IV-16. 氟碳铈矿 (97)	IV-17. 氟碳钙铈矿 (103)	*IV-18. 铈氟碳钙铈矿 (106)	IV-19. 氟碳钡铈矿 (107)	*IV-20. 黄河矿 (109)	*IV-21. 氟碳铈钡矿 (112)	*IV-22. 铈氟碳铈钡矿 (116)	*IV-23. 中华铈矿 (116)
第八章 硫酸盐类、含水硫酸盐类和钼酸盐类矿物120							
V-1. 重晶石 (120)	V-2. 黄钠铁矾 (120)	V-3. 水绿矾 (122)	V-4. 石膏 (123)	V-5. 明矾石 (123)	V-6. 钼铅矿 (123)		
第九章 磷酸盐类、含水磷酸盐类和硅磷酸盐类矿物125							
VI-1. 独居石 (125)	VI-2. 磷灰石 (128)	VI-3. 磷稀土矿 (磷铈钨矿) (129)	VI-4. 磷硅钙铈矿 (131)				
第十章 硅酸盐类矿物134							
一、岛状硅氧四面体硅酸盐类矿物134							
VII-1. 锆石 (134)	VII-2. 铁钍石 (136)	VII-3. 铀钍石 (137)	VII-4. 硅镁石 (137)	VII-5. 斜硅镁石 (138)	VII-6. 粒硅镁石 (138)	VII-7. 铁橄榄石 (138)	VII-8. 铁铝榴石 (139)
VII-9. 榍石 (139)	VII-10. 黄玉 (140)						

二、硅氧四面体硅酸盐类矿物	141
* VII-11. 钡铁钛石 (141) VII-12. 含锰钡铁钛石 (143) VII-13. 硅钛铈矿 (143)	
VII-14. 褐帘石 (146) VII-15. 含镁褐帘石 (149) VII-16. 绿帘石 (150)	
三、环状硅氧四面体硅酸盐类矿物	151
* VII-17. 包头矿 (151) VII-18. 黑电气石 (153) VII-19. 堇青石 (153)	
四、链状硅氧四面体硅酸盐类矿物	154
VII-20. 钠辉石(霓石) (154) VII-21. 透辉石 (155) VII-22. 钙铁辉石 (156) VII-23. 普通辉石 (156)	
VII-24. 针钠钙石(?) (157) VII-25. 普通角闪石 (157) VII-26. 透闪石 (157)	
VII-27. 阳起石 (158) VII-28. 碱性角闪石 (158) VII-29. 碱性角闪石石棉 (162)	
五、层状硅氧四面体硅酸盐类矿物	162
VII-30. 黑云母 (162) VII-31. 金云母 (164) VII-32. 白云母 (165) VII-33. 绢云母 (165)	
VII-34. 伊利石 (165) VII-35. 绿脱石 (绿高岭石) (167) VII-36. 多水高岭石 (167)	
VII-37. 铁多水高岭石 (169) VII-38. 铁海泡石 (169) VII-39. 蒙脱石 (170)	
VII-40. 绿泥石 (170)	
六、架状硅氧四面体硅酸盐类矿物	171
VII-41. 正长石 (171) VII-42. 微斜长石 (171) VII-43. 钠长石 及更长石 (171)	
VII-44. 方柱石 (172) VII-45. 沸石 (173)	
七、未知矿物	173
VII-46. 未知铈铌矿物 B (173)	
结束语	175
参考文献	177
照片说明	183
外文目录	199
外文摘要	204

注：矿物名称前带 * 为白云鄂博发现的新矿物。

第 一 篇

白云鄂博矿物学概论

第一章 白云鄂博矿物学中的 某些主要问题

一、白云鄂博一带区域地质概况

白云鄂博北面为海西褶皱带、南面为中朝地台的内蒙台背斜或内蒙地轴，居于地台区与地槽区的过渡带附近（图1-1）。南部地台区的变质岩系为早太古代的乌拉山群或桑干群，晚太古代的二道洼群或五台群。

白云鄂博附近的白云鄂博群，时代属元古代，为一套浅海相浅变质的沉积变质岩系，自下而上依次为：

H₁——灰黑、灰绿色斜长石石英砂砾岩和粗砂岩。

H₂——白色致密石英岩，部分为浅色条带状石英岩。

H₃——黑色薄层板岩，下部夹有细粒灰白色石英岩。

H₄——浅灰色到灰黑色长石石英砂岩和石英岩，下部夹有薄层黑色板岩。

H₅——灰色到灰黑色薄层板岩，夹有薄层泥质砂岩。

H₅和H₆相变明显，在矿区北部欧路乌拉一带发育较好，分层明显。在矿区南部该两层厚度显著变小，分层不明显，主要由灰黑色板岩夹薄层石英岩组成。

H₆——灰色到灰白色长石石英砂岩和薄层石英岩夹薄层板岩。

H₇——灰黑色或灰色石灰岩和砂质灰岩，夹砂岩透镜体和薄层。

H₈——灰黑色或黑色灰岩和少量白云质灰岩。

矿区北部欧路乌拉一带 H₇和 H₈分层分明，矿区南部分层不明显，主要为白云岩，夹有少量白云质灰岩的薄层和透镜体。

H₉——灰黑色硅质板岩，夹有薄层钙质板岩和薄层石英岩。

白云鄂博矿化作用主要与H₈、H₉关系密切，矿体即赋存其中（图1-2、1-3、1-4、1-5）。

在白云鄂博附近还有第三纪、第四纪以及新生代的火山岩地层。

白云鄂博居于天山—阴山复杂纬向构造带上，构造线东西方向表现明显，由于受南北向挤压应力的影响，出现许多走向近东西的向斜、背斜和逆掩断层。

白云鄂博一带的岩浆岩分布大致为：加里东期花岗岩（ γ_3 ），分布于大青山和阴山一带，海西期的花岗岩（ γ_4 ）则分布广泛，分布于大青山，阴山及其以北的广大地区，燕山期的花岗岩（ γ_5 ），则只分布于大青山一带。

白云鄂博附近主要的火成岩有：黑云母花岗岩、斜长花岗岩、花岗正长岩、闪长岩、辉石闪长岩、伟晶花岗岩、辉长岩和辉长—闪长岩等。

矿区南部和东南部分布着黑云母花岗岩，矿区东部接触带分布有角闪黑云母花岗岩，属钙碱性至碱性花岗岩的过渡类型。

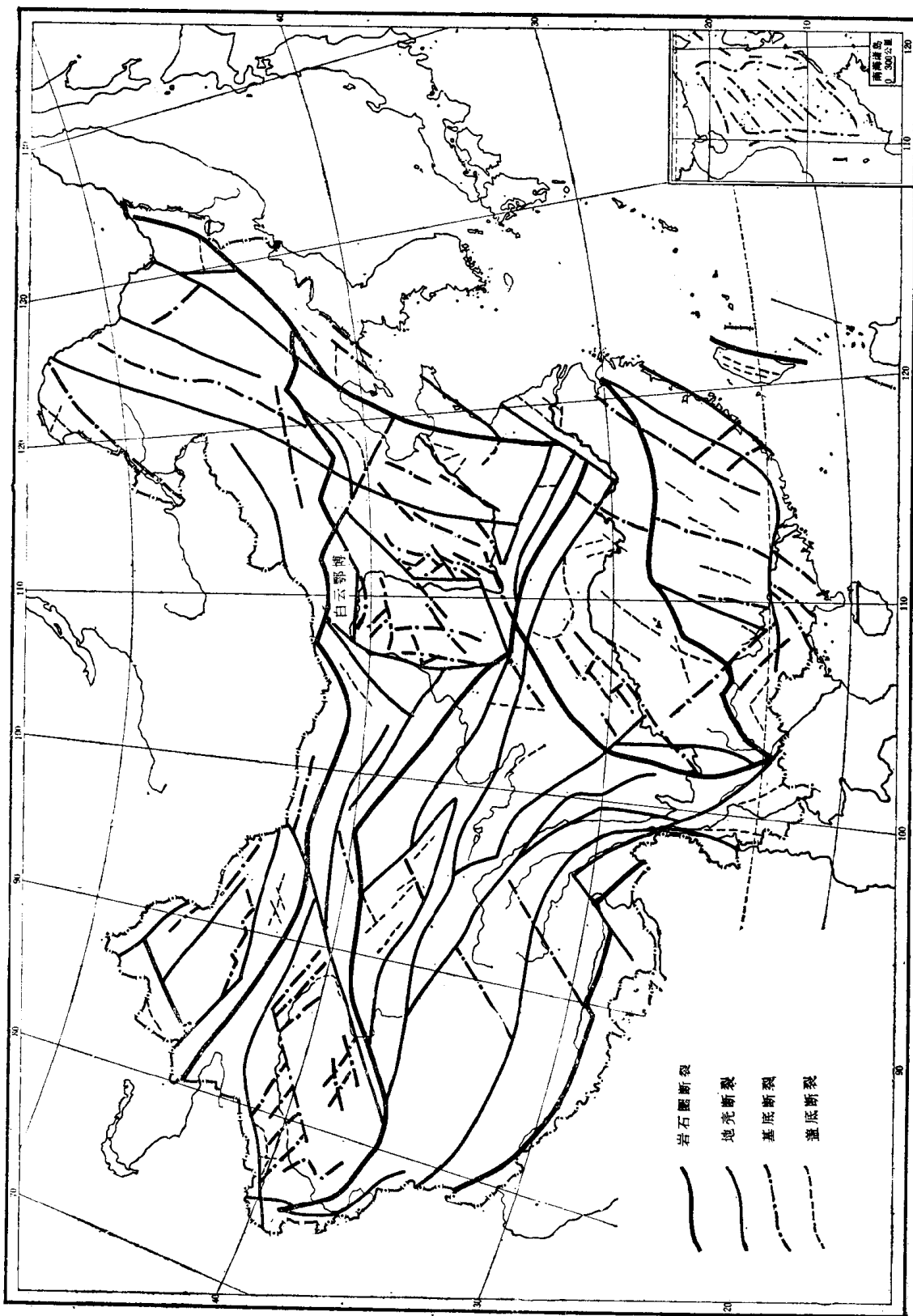


图 1-1 白云鄂博在中国主要断裂构造略图中的位置^①(张文佑等, 1980),

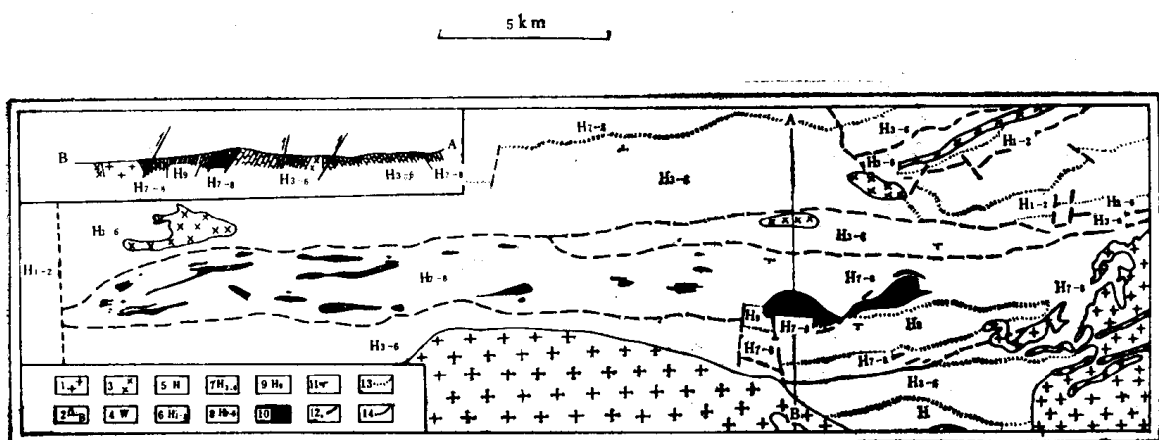


图 1-2 白云鄂博附近地质略图

1. 黑云母花岗岩 2. 剖面线 3. 辉长岩和辉长-闪长岩 4. 太古代地层 5. 混合岩化岩石 6. 石英岩、砾岩 7. 石英岩、板岩 8. 南部主要为白云岩夹石英岩, 板岩等, 北部主要为石灰岩 (两者是否为同一层, 尚待研究) 9. 板岩夹石英岩 10. 铁矿体 11. 岩层走向、倾向 12. 实测及推测断层 13. 地层界线 14. 侵入体界线

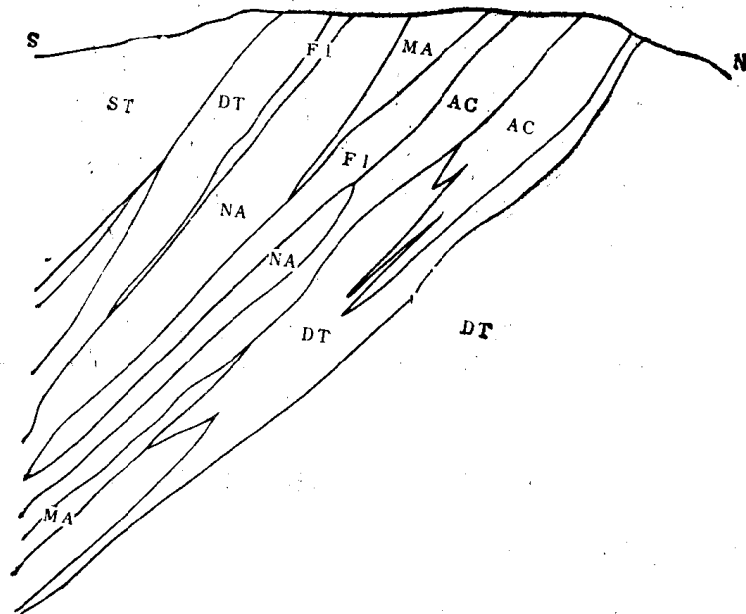


图 1-3 东矿体地质剖面示意图

DT——白云岩型矿石 NA——钠闪石型矿石 AC——钠辉石型矿石 MA——磁铁矿型矿石
FI——萤石型矿石 ST——板岩

白云鄂博一带岩浆活动剧烈而频繁, 较强的岩浆活动属海西期, 时代与白云鄂博矿床成矿时代一致, 故白云鄂博矿化作用与海西期岩浆期后热液活动关系密切。

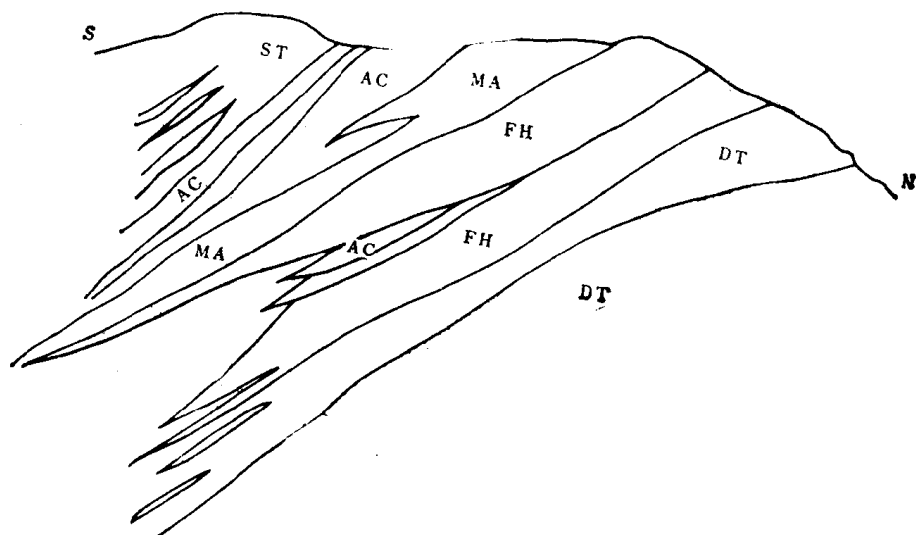


图 1-4 主矿体地质剖面示意图

FH——条带状矿石

其余同图1-3

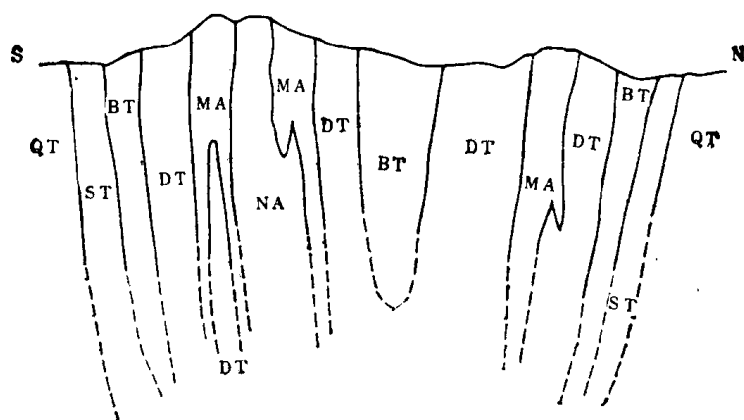


图 1-5 西矿体群地质剖面示意图

ST——板岩 QT——长石石英岩 BT——黑云母型矿石 DA——白云岩型矿石和矿化白云岩

其余同图1-4

二、白云鄂博矿床的成矿期和成矿阶段

1. 地壳物质沉积聚集期（早元古代?）

碳酸盐质物质（H₈）和泥质物质（H₉）的沉积聚集（大面积层状分布，具沉积韵律）。

2. 区域变质期

多次地壳活动，多次变质，白云岩、板岩形成，变质程度不深，相当于低变质相的千枚岩相（绿片岩相）。可能有部分铁质富集，稀土元素稀有元素情况不清。H₈白云岩

中方铅矿的绝对年龄为1,400Ma左右,独居石的绝对年龄为1,500Ma左右。

3. 海西期岩浆和岩浆期后热液活动期

早期黑云母花岗岩年龄为306—311Ma,晚期黑云母花岗岩年龄为234—258Ma,矿床中易解石的U-Th-Pb法年龄值为207—241Ma,故矿区稀土稀有元素的富集主要与海西晚期偏碱性花岗岩有关,与含钠、氟的热液活动有关。可分为下列成矿阶段:

(1) 夕卡岩化阶段:夕卡岩见于矿区东部与花岗岩的接触带,形成矿物为:硅镁石、斜硅镁石、透辉石、透闪石、黑云母、金云母。金属矿物为磁铁矿。稀有矿物为烧绿石、硅铈铈矿、磷硅钙铈矿、褐帘石等。

随之而来的为热液活动阶段,即:

(2) 早期钠化阶段:形成钠闪石、黑云母、磷灰石以及稀土矿物独居石等。

(3) 早期氟化阶段:形成萤石、赤铁矿、重晶石等,以及稀土稀有矿物氟碳铈矿、钶铁矿、铌金红石等。

(4) 晚期钠化阶段:大量钠辉石形成,以及独居石、氟碳铈矿、氟碳钙铈矿等钙的稀土氟碳酸盐矿,黄河矿等钽的稀土氟碳酸盐矿物,并形成易解石类钛铌酸盐矿物,以及新矿物钽铁钛石。

(5) 晚期氟化阶段:形成萤石、赤铁矿、重晶石、磷灰石等矿物,以及稀土矿物氟碳铈矿和独居石相继生成。

(6) 晚期矿脉形成阶段:有钠辉石脉,钠闪石脉,钠闪石石棉脉,萤石脉,石英脉等,脉中常含有稀土稀有矿物,黄铁矿和磁黄铁矿等硫化物,多在此阶段形成,往往成为细脉。

4. 燕山期岩浆活动期

与成矿关系不清,是否有断层错动以及基性岩脉、酸性岩脉的侵入,尚有待进一步工作。

5. 风化淋滤期

形成鄂博层,有方解石脉穿切矿体。

某些矿物的具体年龄数据见表1-1。

三、白云鄂博矿物研究意义

白云鄂博为当今世界已知特大型稀土多金属矿床,矿物种类繁多,成矿条件复杂,以元古界下部的硅质、泥质和碳酸盐质地层为基础,遭受海西期的岩浆活动和随之而来的钠氟热液的强烈交代,而形成举世无双的多种奇特矿物和矿物组合,研究这些矿物和矿物共生组合,对于丰富矿物学知识,对于综合利用矿物原料,都具有十分重要的理论意义和实际意义。

矿物是矿石利用的对象,矿物资料则是这种利用的依据。另一方面,从地质学的角度来看,矿物是地质学研究的基本单位,也是岩石学和矿床学研究的重要内容。故

查明矿物种属及其性质，对于矿石开采、选矿加工、以至冶炼利用，都是头等重要的大事；而矿物学本身也可得到深入和提高，如矿物物理学，矿物化学，以及结合矿物产状的成因矿物学等基本理论的建立。此外，矿物研究对于地质学、岩石学、矿床学研究也是重要基础。

表 1-1 白云鄂博某些矿物年龄数据

样 品 号	所测矿物 (g)	样 品 描 述	K (重量%)	年 龄 值 (Ma)
r ₁	黑云母(5g)	主矿西部中粗粒黑云母花岗岩(铁路剖面)	6.89	268
By206	黑云母(3g)	主矿西部中粗粒黑云母花岗岩(铁路剖面)	7.25	241
r _A	黑云母(5g)	矿区东部中粗粒角闪石黑云母花岗岩接触带附近	6.61	262
By217	黑云母(10g)	矿区东部中粗粒角闪石黑云母花岗岩接触带附近	7.18	275
A060-3	金云母(10g)	东部花岗岩接触带(白陶)透辉石型矿石	8.49	233
A059	白云母(10g)	东部花岗岩接触带磁铁矿化白云岩中的萤石、方解石、白云母脉	6.05	260
A071	金云母(10g)	东矿1634水平24行东10m钠闪石型矿石中的金云母脉	8.69	298
A036	黑云母(10g)	东矿1710水平5行东10m块状矿石中的萤石、黑云母脉	8.10	275
1958(1)	黑云母	主矿南5km粗粒黑云母花岗岩	6.84	280
1958(2)	黑云母	同上	7.42	260
1958(3)	易解石	矿体中穿过白云鄂博群的石英、钠辉石脉	铀-钍-铅法测定	230±50

这里发现了多种新矿物，其中：化学组成方面和矿物晶体结构方面都是全新的矿物新种，为我国的矿物学研究和系统矿物学宝库丰富了新的内容。

四、白云鄂博稀土矿物学问题

稀土矿物广泛分布于白云鄂博。实际上，地壳中稀土元素的含量并不少，约为0.01~0.02%，其中，镧、铈、钕、钇在火成岩和地壳上部的丰度，比钨、锡、钼、钴、铅都多，在内生、外生和变质各种地质作用下，均可富集。

粗略估计，独立稀土矿物约有150余种，加上氧化稀土含为千分之几的矿物约有80余种，合计近250种，而含微量稀土的矿物就非常多了。可以这样说，一般造岩矿物中，均含微量稀土元素。自然界中、独立稀土矿物的主要种类是：氟化物、氧化物和氢氧化物、碳酸盐、磷酸盐、硅酸盐，还有个别的硫酸盐及硼酸盐矿物形式出现。

稀土在稀土矿物中的存在有选择性。某矿物中，为何选择这一稀土元素而不选择另一种稀土元素，这既反映了晶体化学问题，又反映了矿物生成的环境条件，这也是成因矿物学的研究内容。有选择性的矿物有：铈铀铁选择镧；氟碳铈矿、独居石、褐帘石和磷灰石选择铈；易解石选择铈、钕和钐；黑稀金矿选择钕、钐和钐；褐钇钨矿选择铈、钐和钐；钐钇矿选择钐、铈和钐；硅铈钇矿则对各种稀土元素一视同仁，无选择性。同一矿物也可有不同选择，如有选择铈和钕的磷铈镧矿；有选择钐和钐的钐钇矿。

矿物晶体化学中有所谓离子置换的元素周期表中的对角线法则，根据这个法则，稀土将置换铍和钍，由于镧系收缩，稀土的离子半径近于钙和钇，故钙、钇、铈、钐的矿