

地学研究

DIXUE YANJIU

第 27 号

1993

地质出版社

地 学 研 究

DIXUE YANJIU

第 27 号

祝贺王恒升院士九十大寿(二)

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字 085 号

图书在版编目(CIP)数据

地学研究: 祝贺王恒升 / 地质科学院地质研究所
编. —北京: 地质出版社, 1994. 10
ISBN 7-116-01659-7

I. 地… I. 地… III. ①地学-矿床-研究 N. P3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 04024 号

地质出版社出版发行

(100013, 北京和平里 7 区 10 楼)

*

中国地质科学院地质研究所编

(100037, 北京阜成门外百万庄 26 号)

责任编辑: 李汉声、丁秋兰等

*

中国地质科学院 562 印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 7.750 铜版: 4 页 字数: 188000

1994 年 10 月北京第一版·1994 年 10 月北京第一次印刷

印数: 1—600 册 国内定价: 7.00 元

ISBN 7-116-01659-7

P·1340

目 录

中国超基性岩型温石棉矿床研究.....	万 朴(1)
金伯利岩含金刚石性的判别.....	董振信(9)
软玉若干特征及其找矿意义	闻 广(19)
云南哀牢山蛇绿岩中两类金矿床特征及成因探讨	田 农 杨岳清(30)
辽宁浑北太古宙绿岩带地质及金矿床成因研究	刘连登 戴仕炳 隋延辉(43)
北祁连山玉石沟含铬岩体中铂族金属矿化及与古冰川有关的铂砂矿	於祖相(51)
我们是怎样认识豆荚状铬铁矿矿床成因的	鲍保声 王希斌 郝梓国(69)
中国岩浆铜镍矿床的成矿模式	卢记仁(78)
新疆富蕴县喀拉通克铜镍硫化物矿床地质特征及其成因	郝梓国 於祖相 乔德武 骆华宝(85)
新疆哈密黄山-镜儿泉韧性剪切构造带基性-超基性岩与铜镍矿床	王润民(95)
中国火山岩地区金矿的主要类型、控矿条件和矿床模式	李兆鼎 母瑞身(103)
中国主要大型韧性剪切带及动力学研究进展.....	许志琴 张建新等(109)
南秦岭变质地层同位素年龄研究取得重大进展.....	张宗清(112)
中国大陆构造研究新进展.....	任纪舜 王作勋 陈炳蔚等(113)
青藏高原岩石圈结构、隆升机制及其对大陆变形的影响	肖序常 李廷栋 陈炳蔚 刘 训 潘桂棠等(115)
中央造山带主要地质构造特征.....	姜春发(68)

CONTENTS

The Study of Ultrabasics Type Chrysotile Asbestos Deposits in China	<i>Wan Pu</i> (8)
Judgement of Diamond-Bearing States of Kimberlites	<i>Dong Zhenxin</i> (18)
Some Characteristics of Nephrite and Their Significance for Mineral Prospecting	<i>Wen Guang</i> (27)
Characteristics and Origin of Gold Deposits in Ophiolites in Ailao Mountains, Yunnan	<i>Tian Nong and Yang Yueqing</i> (42)
Geology of the Archean Greenstone Belt and Genesis of Gold Deposits to the North of Hunhe Fault, North Liaoning, China	<i>Liu Liandeng, Dai Shibing and Sui Yanhui</i> (50)
Platinum Group Metals in Cr-Bearing Ultrabasics and Platinum Placers Related to Ancient Glacier in North Qilian Mountains, Qinghai Province	<i>Yu Zuxiang</i> (64)
What Is Our View of the Genesis of Podiform Chromite Deposits	<i>Bao Peisheng, Wang Xibin and Hao Ziguo</i> (77)
Genetic Model of Main Magmatic Cu-Ni Deposits in China	<i>Lu Jiren</i> (84)
Geological Characteristics and Origin of Karatungk Copper-Nickel Sulfide Deposit, Northern Xinjiang	<i>Hao Ziguo, Yu Zuxiang, Qiao Dewu and Luo Huabao</i> (94)
Geology and Cu-Ni Deposits of Basic-Ultrabasic Masses in Huangshan Jing'erquan in Hami, Xinjiang, China	<i>Wang Runmin</i> (101)
Main Types, Ore-Forming Conditions and Model of Gold Deposits in Volcanic Rock Regions of China	<i>Li Zhaonai and Mu Ruishen</i> (103)
Progression of Studies on the Main Large-Scale Ductile Shear Zones and Dynamics in China	<i>Xu Zhiqin, Zhang Jianxin, et al.</i> (109)
Advances in the Isotopic Age Study of Metamorphic Stratigraphy in the South Qinling Orogenic Belt, China	<i>Zhang Zongqing</i> (112)
Achievements in the Study of Continental Tectonics of China	<i>Ren Jishun, Wang Zuoxun and Chen Bingwei, et al.</i> (113)
Lithospheric Structures and Uplifting Mechanism of the Tibet-Qinghai Plateau and Their Effect on the Continental Crust Deformation	<i>Xiao Xuchang, Li Tingdong, Chen Bingwei, Liu Xun and Pan Guitang, et al.</i> (115)
On Major Tectonic Characteristics of the Central Orogenic Belt	<i>Jiang Chunfa</i> (68)

Geological Publishing House

Address: Hepingli, Beijing

Institute of Geology, CAGS

Address: Baiwanzhuang, Beijing

中国超基性岩型温石棉矿床研究

万 朴

(西南工业学院, 四川绵阳 621000)

内容提要 中国超基性岩型温石棉矿床集中分布在西部地区。本文从超基性岩岩石化学演化及成矿地球化学作用, 结合现代成矿理论及蛇纹石矿物学研究, 讨论了超基性岩型温石棉矿床成因的重要问题; 从成矿大地构造背景及蛇纹石族矿物和结构特征, 以及纤蛇纹石石棉性能研究, 进一步阐述了温石棉的成矿条件及矿床类型的划分; 并论证了中国超基性岩型温石棉矿床的若干成矿规律和矿床研究的一些重要问题。

王恒升^①、吴利仁^②很早就研究了超基性岩岩石化学特征与某些金属矿床成矿专属性的问题。这类含矿性的研究主要基于超基性岩浆的演化与金属元素聚集的规律关系。对若干工业矿物及岩石(非金属矿产)说来, 与超基性岩岩石化学特征的关系也十分密切, 甚至更为直观。在超基性岩形成及演化的各阶段, 由于主要造岩元素的调整和重组, 以镁为主要组分的若干非金属矿床可相应生成。温石棉矿床就是明显受控于超基性岩的 m/f 、 m/s 值等岩石化学特征及成棉母岩蛇纹石化状况的典型例子。大约以东经 105° 为界, 中国东部和西部的超基性岩的岩石化学特征明显不同。在东部, 超基性岩体的分布主要受 NE、NNE 向深断裂控制, 以铁质超基性岩为主, 除山东日照、江西弋阳等极个别地区有镁质超基性岩产出温石棉矿床外, 只有富镁碳酸岩型温石棉产出; 在西部, 则以镁质超基性岩为主。较广泛见于元古宙、古生代、中生代褶皱带中, 多系蛇绿岩建造的组成部分, 且岩体规模较大。全国 23 个省、自治区已发现的 600 多个温石棉矿点及已开采的矿床中, 超基性岩型温石棉矿床几乎全部在西部地区。全国温石棉储量 90% 以上集中在中国西部, 仅西北诸省区就占有全国温石棉储量的 62% 以上。

中国温石棉矿床除分布集中外, 储量丰富(占世界第三位), 大型—特大型矿床及成矿带多, 且矿床地质特征殊异, 所产温石棉纤维性能有明显类别差异, 等等, 也是重要特点。这对中国超基性岩型温石棉矿床的研究提出了更多的要求。

一、超基性岩型温石棉矿床成因及矿床类型

超基性岩型温石棉矿床系超基性岩遭受蛇纹石化过程中的产物这一观点虽然众所周

① 王恒升、白文吉, 1963, 中国超基性岩的成矿专属性, 全国矿物、岩石、地球化学专业学术会议论文摘要汇编, 岩石部分, 第 1 页, 中国地质学会。

知, 但蛇纹石化所需水的来源、性质和温石棉生成的地质环境及成矿条件等成因问题, 长期各持异议。有自变质成因说, 它变质成因论, 自变质 - 它变质成因说, 还有成岩期后气水热液侧分泌重结晶说, 等等。

近代关于蛇纹石氢氧同位素的研究成果^[3]及板块构造成矿理论, 为深入研究超基性岩型温石棉矿床成因问题提供了更多的实际数据和理论依据。国内一些学者对中国主要超基性岩型温石棉矿床的氢氧同位素研究(表 1)表明, 所有温石棉样品的氢氧同位素组成都显示贫氘的特点, δD 值变化在 -142‰ — -100‰ 之间(个别到 -74‰), $\delta^{18}\text{O}$ 存在有富 ^{18}O 和贫 ^{18}O 的差异。后者的变化主要是受围岩的影响。四川石棉县温石棉矿体围岩为火成岩, 其余矿区为沉积岩或沉积-变质岩。当大气降水在不同成因的岩石中渗滤时, 其同位素交换、分馏作用的差异导致与大气降水有成因联系的温石棉的 $\delta^{18}\text{O}$ 值也明显不同。因而石棉县的温石棉贫 ^{18}O , 其它矿区的温石棉富 ^{18}O 。然而, 所有样品在 $\delta D - \delta^{18}\text{O}$ 图上的投点都在大气降水区, 即均属大陆蛇纹石。说明这些矿床的温石棉的生成都与大气降水经深循环加热的水溶液有关。

表 1 中国超基性岩型温石棉的 H、O 同位素组成

Table 1 The δD and $\delta^{18}\text{O}$ of the ultrabasic rock type of chrysotile asbestos deposits in China

样 号	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅ ^①	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅
产 地	四川石棉县			四川彭县	陕西略阳	祁连小八宝			祁连县双岔沟	祁连小甘南	甘肃黑刺沟	青海安南坝	茫崖	新疆阿帕	
$\delta D(\text{‰})$	-142	-142	-134	-112	-121	-114	-114	-118	-109	-103	-99	-106	-114	-79	-74
$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$	-0.2	-0.5	-1.6	+7.6	+8.4	+7.8	+2.9	+3.6	+3.3	+5.5	+3.8	+2.6	+7.3	+3.6	-5.5

注: * 据闵育顺、黄伯钧^①; 其余为作者数据^②(分析者: 中国地质科学院金生今)。

关于超基性岩型温石棉矿床成因类型的划分, 许仲华^③将其分为大气降水热液蚀变型, 混合热液蚀变型, 自岩浆热液蚀变型和变质及混合岩化热液蚀变型四类。但这在实践中是难于区分和鉴别的。对矿床成因研究及找矿实践具有实际指导意义的分类, 应综合考虑成矿地质环境及成矿作用特征, 矿床地质, 温石棉性能特点等诸多因素。据此, 作者将中国超基性岩型温石棉矿床划分为三种类型^[4]: (1) 三联构造部位的多期改造型温石棉矿床(茫崖型); (2) 板间带中相对稳定区段的简单型温石棉矿床(小八宝型)和(3)板间带中相对活动区段的改造型温石棉矿床(过渡型)。三种类型矿床在大地构造背景, 母岩岩石化学特征, 蛇纹岩矿物组合及蛇纹石结构, 围岩蚀变, 温石棉纤维特性, 成棉温度等方面都呈

① 闵育顺、黄伯钧, 1990, 超基性岩型蛇纹石石棉氢氧同位素组成特征及成因, 《1990 非金属矿物资源与矿物材料学术讨论会论文(摘要)汇编》, 中国矿物岩石地球化学学会, 未公开出版。

② 万朴等, 1988, 我国西北地区超基性岩型纤维蛇纹石石棉矿床成矿地球化学作用及远景评价(研究报告), 未公开出版。

③ 许仲华、李俊雄, 1987, 四川省石棉县纵纤维蛇纹石石棉矿床地质特征及成矿规律(矿床专著, 非金属矿产 No. 17), 未公开出版。

现出显著差别。我们对 112 个含棉岩体和非含棉岩体的多元统计分析结果^①, 也证实了这种分类有充分的依据。

大量研究及矿床资料证实, 超基性岩型温石棉矿床是在板块聚合之后的大陆蛇纹石化环境, 在大气降水来源的深循环热水为主的热液蚀变过程中, 经叠加进变质蛇纹石化作用, 使岩体达到成棉临界状况 (主要表征为: $m/f = 10 - 20$, m/s 值约 1.65, $MgO/SiO_2 = 0.99 - 1.02$, 氧化系数 $H = 56 - 75$)⁽⁵⁾, 成棉溶液是在有利的裂隙构造体系中发生交代 - 充填结晶作用而形成的。

蛇纹石化作用在蛇绿岩建造发育和演化的各个阶段, 包括大洋环境和大陆环境均可发生。超基性岩型温石棉矿床形成在板块聚合之后的大陆蛇纹石阶段的观点, 明确了成矿大地构造背景及矿田构造活动状况对矿床地质及温石棉纤维性特征的总体制约机制, 因而是矿床类型划分的重要基础。在温石棉成矿作用过程中, 超基性岩的岩石化学特征是成棉的物质基础, 岩体组分经多期蚀变作用, 充分调整, 达到成棉临界状况, 是超基性岩演化到成棉阶段的标志, 成矿构造 - 地球化学作用是促进成棉组分聚集, 形成成棉溶液并生成棉脉的趋动力。关于温石棉矿床的成生与超基性岩初期蛇纹石化的时间间隔期限, 目前尚缺乏地质年龄数据的证据。但是, 那种把母岩体侵位的地质时期, 或从矿区岩浆活动、热液活动而推断的蛇纹石化地质时期当作温石棉矿床形成的地质时代的观点, 显然是缺乏依据的、不妥的。应该看到, 中国超基性岩型温石棉矿床均发育在晋宁期, 加里东期, 海西期, 燕山期等老岩体中; 世界上有经济价值的重要温石棉矿床所赋存的母岩体也形成于前寒武纪至中生代各个地质时期。迄今尚未发现新生代的超基性岩体产出温石棉的工业矿床。这种时、空分布特点可能表明, 超基性岩要经历前述的长期演化、多期蛇纹石化和成矿作用过程才能大量生成工业棉脉。这是一个十分缓慢的内部调整过程, 需要相当长的地质时期, 有必要进一步研究。

二、温石棉矿床矿物学及应用矿物学研究

超基性岩岩石化学特征只是为温石棉的成生提供了物质基础。但同样的岩石并不都能生成温石棉矿床, 即便含棉的岩体也并非所有部位都有石棉矿体。显然, 能否生成温石棉, 要受一系列成矿因素的制约。而成矿母岩的矿物组合、主要矿物的矿物学特征常常是复杂的成矿作用的直观表征。顾鹏曾 (1983) 提出超基性岩矿物化学特征与成矿的关系问题⁽⁶⁾, 主要是研究橄榄石、斜方辉石; А. Я. Каневский (1982) 也指出橄榄石是成矿专属性的指示剂⁽⁷⁾。但是, 温石棉矿床的母岩体均已完全蛇纹石化, 研究蛇纹岩的矿物组合及结构构造就成为获取直观成棉信息及其研究矿床成因的重要途径。江绍英⁽⁸⁾、朱自尊⁽⁹⁾、张冠英⁽¹⁰⁾等对温石棉矿物学及一些共生、伴生矿物作了大量研究工作。在此基础上, 作者系统研究了我国西部重要温石棉矿床的蛇纹岩矿物组合及蛇纹石结构与不同矿床类型的关系。发现青海茫崖型矿床的蛇纹岩矿物组合复杂, 蛇纹石族矿物中以叶蛇纹石最发育, 利蛇纹石、纤

① 权云秀、彭声谦、万朴, 1988, 多元统计分析在非金属矿床预测中的应用, 全国非金属矿学术会议论文集 (一), 第 146 - 150 页, 未公开出版。

蛇纹石次之,共生、伴生矿物复杂,常见有滑石、菱镁矿、绿泥石、透闪石、磁铁矿等。其蛇纹岩原岩结构、构造几乎全被破坏,叶蛇纹石叶片穿插结构成为蛇纹岩的基本特征。温石棉中的杂质元素类质同象替换发育,Fe、Al 含量相对较多,纤维硬直,成浆性很差。小八宝型矿床的蛇纹岩保持了原岩结构构造特征,以利蛇纹石、纤蛇纹石为主,蛇纹石呈现清晰的网状结构、沙钟结构及绢石结构等假像结构^[11]。主要共生、伴生矿物为磁铁矿及菱镁矿等,矿物组合较简单。温石棉化学成分近似蛇纹石理想组分,杂质元素含量低,纤维表面结构完整,柔软,成浆性优良。过渡型矿床的蛇纹岩矿物特征介于前述两类型之间。各类型矿床在矿床矿物学方面的差异是成矿地质背景、成矿地球化学作用及棉脉发育的微介质条件特征的反映,是找寻不同类型温石棉矿床的重要地质依据。

中国一些重要的温石棉矿床,尤其是一些大型矿床所产石棉纤维表现出各自显著的特征:青海祁连小八宝的温石棉,几乎全是短纤维,但成浆性能极佳;青海茫崖温石棉成浆性差但纤维强度好;四川石棉县温石棉长纤维较多,但常与水镁石纤维紧密共生。它们的具体应用领域也随之有所不同。因此,对温石棉的应用矿物学研究也是矿床地质研究及温石棉安全生产和合理开发利用研究的重要内容。国家建材局地质研究所江绍英^[8]等首先较系统地研究了我国一些重要矿床温石棉的力学性质、电子性质、磁学性质、热学性质、纤维表面性质及化学稳定性,等等;地质矿产部青海祁连二队与山东工学院俞旭等^①研究了小八宝温石棉的表面电性;彭同江、万朴、朱自尊对温石棉矿物学及分散成浆机理进行了系统深入的研究^[12],并运用矿物谱学、电子显微镜^[13]、地球化学研究方法,对不同类型温石棉作了对比研究。将温石棉纤维分为柔软型和硬直型两种,论证了石棉纤维发育时的微介质条件稳定,叠加构造-地球化学作用不发育,才能形成柔软型纤维。当纤维间较少有其它伴生矿物,石棉纤维表面结构发育完整且保存较完好,在水中显正电性,且易于散开,阴离子分散剂得以渗透到纤维之间,才能使温石棉纤维充分分散成浆。同时,总结了成浆性优良的小八宝型温石棉矿床的成矿条件及找矿方向。其基本点是,小八宝型矿床所赋存的蛇绿岩建造通常保存较完好,表明成矿期和成矿后的地质环境较为稳定;含棉岩体分异不明显,以斜辉橄榄岩为主,已完全蛇纹石化。但假像结构清晰、完好;蛇纹岩的 m/f 值为 15—25, m/s 约为 1.65, $H=73-80$;成棉期后的构造活动不强,叶蛇纹石化及滑石-菱镁矿矿化等叠加蚀变作用不发育或较弱。

目前,蛇纹岩矿物学研究与成因矿物学及找矿矿物学结合,在深化温石棉矿床研究方面已取得一些重要进展。但在蛇纹石矿物地球化学、晶体化学及蛇纹岩结构构造特征与超基性岩的演化及温石棉等非金属矿床成生关系方面的理论研究和相关性因子研究,还有待深入。

三、中国超基性岩型温石棉矿床成矿规律

中国超基性岩型温石棉矿床基本上都与蛇绿岩建造有成生联系。一些蛇绿岩建造已成为温石棉矿床的成矿带,如阿尔金山蛇绿岩建造赋存有安南坝、茫崖、若羌、阿帕等矿床,

① 俞旭等,1984,祁连温石棉六、七级短棉性能和湿法工业利用研究报告,未公开出版。

是著名的温石棉成矿带; 北祁连蛇绿岩建造中产出有小八宝、双岔沟、小黑刺沟等矿床, 又是一个重要成矿带。在矿床的形成和时、空分布方面, 中国超基性岩型温石棉矿床表现出如下值得注意的一些规律。

(一) 时、空分布规律

与温石棉矿床有生成联系的超基性岩的侵位地质时期, 主要是前寒武纪 (四川石棉县、山东日照等), 加里东期 (小八宝、双岔沟、小黑刺沟、黑木林等), 海西期 (茫崖、阿帕、新疆榆树沟等)、燕山期 (云南德钦、墨江等)^①。

多数温石棉矿床产出在次级板块之间的带状区域, 常形成规模不等的成矿带。由于成矿地质环境稳定状况不同, 可形成小八宝型矿床或过渡型矿床。后者如黑木林矿床和榆树沟矿床等。有少数温石棉矿床在三联构造部位生成 (如茫崖矿床就位于塔里木、西藏、柴达木三个板块的聚合部位), 热流值高, 叠加构造发育, 可形成大型或巨型的多期改造型温石棉矿床 (除茫崖矿床外, 四川石棉县温石棉矿床的成矿大地构造环境也近似这一类型)。

(二) 构造控矿的规律

断裂构造是超基性岩型温石棉矿床的重要控矿因素。许多温石棉矿都产在区域性断裂带附近。这些断裂构造是大气降水下渗、加热, 并循环返回至超基性岩体的通道; 其派生的裂隙构造体系是棉脉成生的空间; 成矿后的断裂构造尽管对矿体起破坏作用, 但对矿体的保存和分布有控制意义。譬如, 茫崖矿床分布在阿尔金深断裂带以南。该矿区内 NEE 向断裂发育, 温石棉矿体局限在这组断裂之间。主要棉脉受近东西向、NNW 和 NE 三组次级构造裂隙控制。区内 SE 向断层为成矿后断裂, 把 NEE 向伸展的含棉岩体错断为几个岩体 (段), NE 盘均下落, SE 侧则抬升。因此, 从东向西依次出露的 I、II、III、IV 岩体逐级抬升, 并依次向北错位, 剥蚀深度逐渐增大。故目前保存的矿体仅出现在 I、II 岩体中。

矿田及矿床构造特征对成矿作用及棉脉发育有重要影响。例如, 北祁连成棉带从东向西, 叠加构造活动有增强趋势, 因而叶蛇纹石化和后期叠加蚀变作用也由东向西加强, 但温石棉成浆性能则相反, 由东部的小八宝往西到双岔沟, 更往西到小黑刺沟, 矿床逐渐变差。再如, 陕南黑木林矿床等所在区域的南、北两侧均有深断裂或大断裂, 是一个东部收敛, 向西撒开的楔形区, 即略勉宁三角地带, 剪切裂隙发育。故黑木林岩体也以剪切裂隙为主, 加之原岩富镁, 成棉热液的 p_{CO_2} 低, 生成了水镁石纵纤维为主的水镁石石棉矿体。四川石棉县、云南德钦、洛阳煎茶岭等矿床也因矿床压扭性构造发育而产纵纤维石棉。

(三) 超基性岩的岩石学及地球化学特征与温石棉矿化的关系

超基性岩岩石类型与岩石化学特征密切相关, 因而决定着成棉的物质基础, 是石棉矿化的前提条件。一般认为斜辉橄榄岩最有利于成棉。但斜辉辉橄岩和纯橄岩中也产有温石棉矿床。实际上, 只要是镁质超基性岩, 具备本文第一节中论述的成矿条件, 均可能生成温石棉矿床。在成棉地质条件中, 十分重要的是成矿地球化学作用的进展程度, 即成矿母岩体的元素调整是否达到了成棉临界状态, 这是能否生成温石棉矿床的地球化学标志。

大量含棉岩体和非含棉岩体的对比研究表明, 含棉岩体是经历过 Mg 和 Si 的充分调

① 张根林, 1984, 浅议我国纤维蛇纹石石棉矿床的找矿方向, 中国地质学会非金属地质专业委员会第二届全体会议文集 (石棉专辑), 第 87—91 页。未公开出版。

整、 MgO 与 SiO_2 的含量近于蛇纹石中的理论值,且 MgO 含量常略高于 SiO_2 ,蛇纹岩中 H_2O^+ 平均含量也较高。非含棉岩体则明显不同。两类岩体的统计差异分析^①、蛇纹岩中主要元素和微量元素的相关分析^②,都证实了含棉岩体与非含棉岩体之间,不同类型温石棉矿床蛇纹岩之间存在着规律性的差异。

(四) 母岩体的形态、产状、规模与温石棉矿化的关系

各矿床的温石棉矿体基本上都发育在透镜状岩体内,或岩体膨胀部位。譬如祁连玉石沟超基性岩有三个岩体,中岩体最大,呈透镜状,南、北两个岩体较小,呈长条状。岩体膨大部位遭受构造挤压时,通常易发生应力集中效应,产生构造裂隙,有利成棉。因此,双岔沟温石棉矿床产在中岩体内。南、北岩体则未发现石棉矿体。

一些研究者认为,石棉矿体多分布在含棉岩体边部,或产在似层状、透镜状岩体顶、底两侧。实际上,矿体赋存位置主要取决于储棉裂隙的发育情况。岩体边部因与围岩岩石力学性质有着差异而易于产生构造裂隙,因而棉脉富集。同样,在岩体内部,成棉前的岩脉(如异剥钙榴岩)与蛇纹岩之间也存在类似情况,所以在异剥钙榴岩脉周围的蛇纹岩中也常有棉脉富集现象。石棉矿化通常是不均匀的,不少矿床的主要含棉带发育在岩体膨大部位中部或岩体的某一区段。如小黑刺沟的石棉矿体赋存在岩体中部,以单式脉为主,向边部则过渡为以复式脉为主;双岔沟的石棉矿体分布在岩体西南部位(岩体中心是铬矿化区)。也有个别岩体是全面矿化,如小八宝矿田第二矿床基本上是全岩体含棉。

一般说来,温石棉矿床规模与母岩体为协调的关系。大型岩体才可能有足够的 Mg 、 Si 供给,以形成大型矿床。但温石棉矿体在岩体纵深方向的发育是有限的。围压过大不利于含棉裂隙发育,因而石棉矿化多发生在中深—浅部环境。大多数含棉岩体都是中上部含棉率高,长纤维石棉较多;向深部,则含棉率迅速降低。四川石棉县石棉矿各采场垂直高差最大值近 1000 m,而位于低处的采场含棉率明显降低。其它矿床尚未发现更大的矿化间隔。这可能表明超基性岩型温石棉棉脉发育的垂直间隔通常不超过 1000 m。分析研究温石棉矿化深度的极限,判断含棉岩体的剥蚀深度,对矿床勘探工作是有重要指导意义的。

(五) 超基性岩围岩蚀变与温石棉矿化的关系

缓进的蛇纹石化作用(以利蛇纹石、纤蛇纹石为主,具完好假像结构)是成棉的重要条件。而强烈的叶蛇纹石化(以广泛发育的叶蛇纹石叶片穿插结构为标志)通常是一种较高温度条件下的叠加蛇纹石化作用,常破坏温石棉表面结构的完整性,或使 Fe 、 Al 等杂质元素置换作用加强,纤维变得硬直,甚至完全破坏棉脉。

温石棉矿床中的其它蚀变作用主要是碳酸盐化和滑石菱镁矿化。基本上都是在成矿期与蛇纹石化的伴生蚀变作用或成棉期后的叠加蚀变作用。若这些蚀变较强,均会破坏棉脉,不利于温石棉成矿。

综上所述,用板块构造等现代成矿理论对温石棉矿床地质的宏观研究、数理统计分析与应用多种测试分析手段的微观研究及矿物学、岩石化学、矿床地球化学研究的紧密结合。

① 权云秀、彭声谦、万朴, 1988, 多元统计分析在非金属矿床预测中的应用, 全国非金属矿学术会议论文集(一), 第 146—150 页。

② 万朴等, 1988, 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(研究报告)。

已大大地推进了超基性岩型温石棉矿床的理论研究和找矿、开发实践。但是, 镁质超基性岩在其形成和演化过程中的组分调整和再组合, 不仅生成了温石棉, 还生成了一系列重要矿床。前人在研究超基性岩与金属矿床成矿作用方面已取得重大进展。我们开展超基性岩的演化与镁质非金属矿床的成矿作用研究, 必将在综合开发与超基性岩建造有关的矿产资源方面开创新的局面。

参 考 文 献

- [1] 王恒升, 1978, 基性岩与超基性岩的岩石化学分类。地质学报, 第 1 期, 33 — 39 页。
- [2] 吴利仁, 1963 年, 论中国基性、超基性岩成矿专属性。地质科学, 第 1 期。
- [3] Wenner, D. B. and H. P., Jr. Talor, 1973, O and H Isotope Studies of the Serpentinization of Ultramafic Rock in Oceanic Environments and Continental Ophiolite Complexes, *Amir. J. of Sci.*, Vol. 273.
- [4] Wan Pu, 1989, The type of chrysotile asbestos deposits of NW part of China and its signification. *Effective Development and Utilization of Non - Metallic Minerals*, 2nd World Congress on Non - Metallic Minerals, Beijing, China. Volume I, 208 - 211, International Academic Publishers.
- [5] 万朴, 1989, 论超镁铁质岩型温石棉矿床成矿模式。地质学报, 63 (3), 217 — 224 页。
- [6] 顾鹏, 1983, 超基性岩矿物化学特征与成矿关系讨论。地球化学, (2), 170 — 176 页。
- [7] Каплевский, А. Я., 1984, 橄榄石可用作超镁铁岩建造专属性和成矿专属性的指示剂。地质地球化学, 第 10 号, 14 — 17 页。
- [8] 江绍英, 1987, 蛇纹石矿物学及性能测试。地质出版社。
- [9] 朱自尊, 1986, 我国几种石棉矿物研究。矿物岩石, 6 (4), 1 — 67 页。
- [10] 张冠英, 1983, 我国一些石棉矿温石棉矿物学研究。武汉建材学院学报, 5 (2), 163 — 181 页。
- [11] Wicks, F. J. and E. J. Whittaker, 1977, Serpentine Textures and Serpentinization, *Can. Min.* Vol. 15, 459 — 488.
- [12] Peng Tongjiang, Wan Pu and Zhu Zijun, 1989, A study of the Mechanism of dispersing and pulping properties of chrysotile asbestos. *Effective Development and Utilization of Non - Metallic Minerals*, 2nd World Congress on Non - Metallic Minerals, Beijing, China. Volume I, P173 - 175. International Academic Publishers.
- [13] 万朴、彭同江和刘维, 1991, 我国西北地区不同类型纤蛇纹石石棉的电镜研究。岩石矿物学杂志, 10 (2), 162 — 167 页。

THE STUDY OF ULTRABASICS TYPE CHRYSOTILE ASBESTOS DEPOSITS IN CHINA

Wan Pu

(Sichuan Institute of Building Materials, Mianyang, Sichuan)

Abstract

Ultrabasics type chrysotile asbestos deposits are mainly packed in western China. According to the petrochemical evolution of ultrabasic rocks and minerogenic geochemistry coupled with the modern theory of mineralization and the research results of serpentine mineralogy, the author discusses major problems about the genesis of ultrabasics type chrysotile deposits, expounds the conditions for the formation of chrysotile asbestos deposits and their classification on the basis of study of tectonic settings, serpentine - group minerals and their textures, and properties of asbestos fibres, and also discusses a number of formation regularities of chrysotile deposits in ultrabasic rocks of China.

Key words: ultrabasic rock, chrysotile asbestos deposit, serpentine

金伯利岩含金刚石性的判别

董振信

(中国地质博物馆, 北京 100034)

内容提要 本文中作者通过对我国金伯利岩的岩石学、地球化学及矿物学的对比研究, 指出了金伯利岩含金刚石性的一些判别标志。在时-空上, 贫及不含金刚石的金伯利岩与云煌岩、玻基纯橄岩、钾镁煌斑岩密切伴生, 而富含金刚石的金伯利岩与之无关; 金伯利岩管比岩脉, 尤其比岩床要富含金刚石; 含大量地幔岩包体和浑圆状橄榄石粗晶的金伯利岩富含金刚石。与贫和不含金刚石的金伯利岩相比, 富含金刚石的金伯利岩中, MgO 、 Cr_2O_3 、 NiO 含量高, TiO_2 、 Al_2O_3 、 Na_2O 、 K_2O 和 P_2O_5 含量低; 镁铝石榴子石的 N 、 a_0 、 D 、 Cr_2O_3 、 $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$ 、镁铬石榴子石及铬组分与含金刚石性呈正相关; 其钛铁矿中含 Cr_2O_3 高, 尤其含 MgO 及 MgTiO_3 分子高; 其单斜辉石之 $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ 和钙契尔马克分子低, 而 Cr_2O_3 及 $\text{Al}^{IV}/\text{Al}^{VI}$ 高; 其橄榄石中 Fo 、 Cr_2O_3 及 NiO 高; 其铬尖晶石的 $IS[\text{Fe}^{3+}(\text{B})]$ 高, $QS[\text{Fe}^{3+}(\text{B})]$ 及 $QS[\text{Fe}^{3+}(\text{A})]$ 低, 则含金刚石高, 镁铝石榴子石和尖晶石的红外吸收光谱频率低则含金刚石高。

关键词 金伯利岩 金刚石 金刚石伴生矿物

金伯利岩型金刚石矿床是世界上重要的金刚石矿床类型, 也是我国迄今所发现的唯一的金刚石原生矿床类型。金刚石形成于高温, 尤其是高压的上地幔条件下, 被快速上升的金伯利岩浆携带至地表, 这种特殊的地质条件和环境, 必然在金伯利岩的岩石学、地球化学及矿物学方面有所反映, 我们可以根据金伯利岩的这些对含金刚石性有指示意义的特征, 来找寻和评价金刚石矿床。对金伯利岩含金刚石性的判别标志的研究, 不仅具有理论意义, 而且具有十分重要的找矿意义。

一、岩石学标志

从我国金伯利岩与其它暗色岩类的关系来看, 贫含或不含金刚石的金伯利岩体往往在空间上、时间上与浅成的玻基纯橄岩、云煌岩、橄辉玢岩及钾镁煌斑岩等岩体密切伴生, 像贵州、湖北、山西等地就是这样⁽¹⁾。与此相反, 在具有重要工业价值的辽宁和山东金伯利岩区内, 未发现有这些相关岩类密切伴生, 仅发现一些与金伯利岩有明显穿插关系、且岩石矿物成分差异很大的、成因上无联系的辉绿岩、花岗玢岩、闪长玢岩等脉岩产出(辽宁)。在山东金伯利岩区的外围南部薛城一带和北部淄博、莱芜一带, 见有云斜煌斑岩、橄辉玢岩、碳酸岩和云母岩类出露, 它们与金伯利岩区相距 80 km 以上, 且两者时代不同, 因

而, 它们在成因上与金伯利岩无关。

金伯利岩的产状对金伯利岩的含矿性有明显影响。一般说来, 金伯利岩管含金刚石较富, 工业价值大, 其次是岩脉, 而岩床含金刚石很贫或不含金刚石。在岩管和岩脉中, 又以陡立者含金刚石性好, 而那些缓倾斜的岩管和岩脉, 含金刚石性差。

金伯利岩体的规模与含金刚石性也有一定关系。相同产状的金伯利岩体规模越大, 含金刚石性越好。我国具有重要工业价值的金伯利岩区内, 岩管的地表平均面积一般在 6000 m² 以上, 向下延伸超过 600 m, 岩脉在地表的平均长度在 700 m 之上, 延深一般超过 300 m。而工业价值不大或没有工业价值的金伯利岩区内, 很难见到岩管。岩脉平均长度一般在 400m 以下, 延深不超过 200 m。

同一金伯利岩区内, 不同岩带的岩体的含金刚石性不同, 而同一岩带的岩体的含金刚石性有一定程度的相近性。例如, 山东三个金伯利岩带含金刚石性明显不同, 从 I 岩带至 III 岩带含金刚石性依次变差。

金伯利岩体中的金刚石含量与岩体的剥蚀程度有关, 岩体剥蚀程度越强, 其岩体中金刚石含量越少。

同一岩体中, 块状金伯利岩比碎屑状金伯利岩含金刚石富。岩体中含围岩碎屑越多, 含金刚石越贫。

金伯利岩管中, 所含来自上地幔深处的石榴二辉橄榄岩类包体越多, 含金刚石性越好。因为这类岩石包体中往往含有金刚石。而来自上地幔较浅部位的、金刚石稳定区之外的云母橄榄岩及尖晶石二辉橄榄岩类包体含量越多, 其岩体中含金刚石性越差。

具粗晶(斑晶)结构的金伯利岩比细粒金伯利岩要富含金刚石。因为金伯利岩中的橄榄石和镁铝榴石等矿物粗晶为高压下形成的幔源岩石包体解体产物及金伯利岩岩浆早期结晶的产物, 它们与金刚石紧密伴生。

二、岩石地球化学标志

从岩石主元素来看, 含 TiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 、 P_2O_5 越高, 岩石中金刚石含量越贫。池际尚教授(1974)曾提出^[2], 利用经验判别式 $T.A = \text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5(\%)$, 当 $T.A = 4 - 6.5$ 时为富矿, $T.A = 6.5 - 9.5$ 时为较富的贫矿, $T.A > 9.5$ 时基本不含矿。该公式揭示了岩石中钙钛矿、金云母和磷灰石等含 TiO_2 、 K_2O 、 Al_2O_3 和 P_2O_5 的矿物的含量与含金刚石性之间呈负相关关系。另外, 金伯利岩中的 MgO 含量与含金刚石性呈正相关关系^[3]。

从微量元素看, 金伯利岩中 Cr、Ni、Co 含量与岩石中金刚石含量呈正相关关系。Cr、Ni、Co 为铁族元素, 具有相似的地球化学特征, 属于相容元素, 它们的固相(矿物相)与液相的分配系数大于 1, 且在岩浆结晶过程中, 优先进入岩浆结晶的矿物中。主要载体矿物为镁铝石榴子石、铬尖晶石、橄榄石及富铬单斜辉石等。岩石中 Cr、Co、Ni 含量与金刚石含量之间的相关关系反映了这些矿物与金刚石形成的内在联系。

金伯利岩的稀土总量在含金刚石性差的富云母金伯利岩中比含金刚石性好的、含云母少的金伯利岩高。例如, 含金刚石性很差的贵州富云母斑状金伯利岩的稀土总量高达

1209.7 — 1473.24 ($\times 10^{-6}$), 而辽宁、山东含云母少的富含金刚石的金伯利岩的稀土总量仅 218.9 — 814.56 ($\times 10^{-6}$)。因为稀土元素为不相容元素, 它们在地幔物质部分熔融过程中, 其固相(矿物相)和液相间的平衡分配系数接近于 0, 它们大量地富集于岩浆中, 且在岩浆结晶过程中, 不易进入矿物结晶相, 仍保留在岩浆中。也就是说, 在任何固-液-气相平衡体系中, 它们容易进入液相和气相。在金伯利岩中, 含挥发分的云母多, 则岩石中稀土总量高。又因云母形成的压力条件(约 1 — 2 GPa)大大的低于金刚石的稳定压力条件(>4 GPa), 因而, 两者无成因联系, 岩石中云母的含量与金刚石含量呈负相关关系。另外, 就同一地区而言, 岩脉金伯利岩比岩管金伯利岩稀土总量高, 也显示金伯利岩中稀土总量有与金刚石含量呈负相关。

三、矿物学标志

(一) 颜色

金伯利岩中, 橄榄石、富铬单斜辉石, 尤其是镁铝石榴子石的颜色对估测金伯利岩的含金刚石性具有重要意义。

富含金刚石的金伯利岩比贫含和几乎不含金刚石的金伯利岩中的镁铝石榴子石的颜色种类要多。如山东、辽宁富含金刚石的金伯利岩中的镁铝石榴子石颜色种类多, 而贵州含金刚石性差的金伯利岩中的镁铝石榴子石的颜色种类较少, 特别是几乎不含金刚石的湖北、河南、山西、河北等地金伯利岩中的镁铝石榴子石的颜色种类较单一, 以橙色为主, 深紫色者基本看不到⁽⁴⁾。

金伯利岩中的镁铝石榴子石颜色与其形成深度(压力)有关。一般, 紫色系列者比橙色系列者形成的深度大, 与金刚石形成的深度(压力)条件相一致。因而, 紫色系列的, 尤其是深紫色的镁铝石榴子石是金伯利岩富含金刚石的良好标志矿物。

金伯利岩中橄榄石的颜色与粒度和形成世代有关。与金刚石形成关系密切的、颗粒大的早世代形成的橄榄石颜色较浅。山东胜利 1 号金伯利岩中粗-中粒橄榄石多无色-浅绿色, 细粒为绿色⁽⁵⁾。在前苏联也有类似情况, 成功岩管中第 I 代橄榄石为浅绿-绿色, 而第 I 代橄榄石为褐黄色。

含金刚石的, 尤其是富含金刚石的富铬单斜辉石为翠绿色。

(二) 粒度、形态、蚀变壳

金伯利岩中, 尤其是富含金刚石的金伯利岩中的橄榄石、镁铝石榴子石、钛铁矿、单斜辉石、铬尖晶石等矿物的巨晶和粗晶常常呈浑圆状或椭圆状, 且常见有蚀变壳。

(三) 包体及连生体类型、固熔体分解结构

镁铝石榴子石中若含有橄榄石包体, 往往形成深度大, 若含有钛铁矿包体或与其连生, 则形成深度较浅。因而, 前者指示金刚石形成的可能性, 而后者则暗示金刚石缺少的可能性。

金伯利岩中, 钛铁矿的固熔体分解结构的存在与否, 是金伯利岩含金刚石性的间接标志。含金刚石的金伯利岩中, 往往见不到钛铁矿的固熔体分解结构, 因为有利于金刚石保存的金伯利岩岩浆快速上升的条件不利于这种结构的形成⁽⁶⁾。

(四) 折光率、 α_0 和比重

镁铝石榴子石的折光率、 α_0 、比重越高,金伯利岩中含金刚石性越好(图 1)。

铬尖晶石的折光率、 α_0 、比重及反射率越高,金伯利岩中金刚石的含量越高^[7,8]。

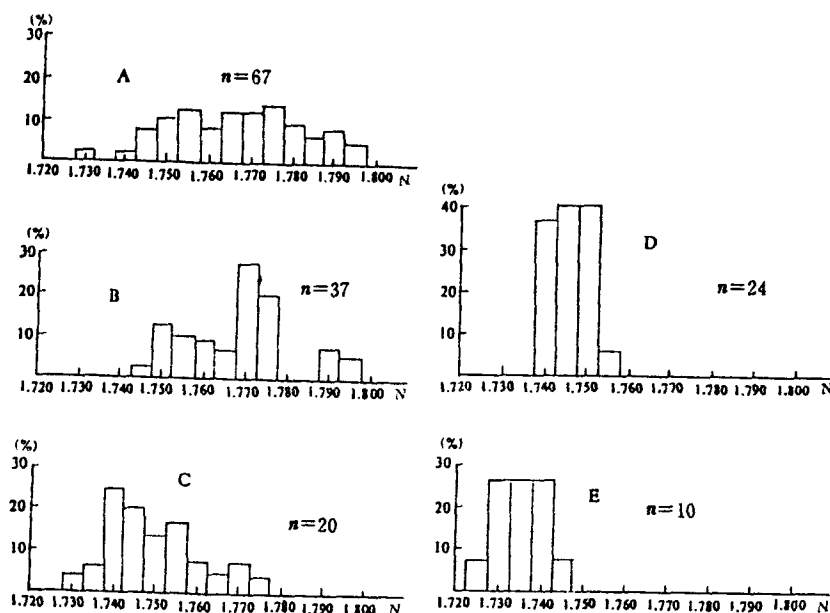


图 1 我国不同金伯利岩区紫色系列镁铝石榴子石折光率分布直方图

A — 山东; B — 辽宁; C — 贵州; D — 湖北; E — 河南

Fig. 1 Histograms showing distribution of refractive indexes of purple series pyrope in different kimberlites from China

A — Shandong; B — Liaoning; C — Guizhou; D — Hubei; E — Henan

(五) 红外光谱

就同一颜色系列的镁铝石榴子石来说,富含金刚石的金伯利岩中镁铝石榴子石的红外吸收谱带相应位置的波数低,而不含金刚石或金刚石含量极低的金伯利岩中镁铝石榴子石的红外吸收谱带相应位置的波数高^[9]。在红外光谱中,镁铝石榴子石的特征吸收带之所以有规律地位移,主要是由于受到八面体 Cr^{3+} 、 Al^{3+} 离子的制约。镁铝石榴子石的红外光谱带的位置,随 Cr_2O_3 含量和 $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$ 比值的逐步增加而向低波数方向移动。富含金刚石的金伯利岩中的镁铝石榴子石含 Cr 高,含 Al 低,因而其红外光吸收谱的相应位置的波数低。

富含金刚石的金伯利岩比贫含或不含金刚石的金伯利岩中的铬尖晶石的红外吸收谱带位置的波数低。也就是说,铬尖晶石的红外吸收谱带的波数越低,金伯利岩的含金刚石性越好^[10]。例如,富含金刚石的辽宁金伯利岩比贫含金刚石的湖北和河北金伯利岩中的铬尖晶石 $625-645\text{ cm}^{-1}$ 及 $500-525\text{ cm}^{-1}$ 红外吸收谱带位置的相应波数低(图 2)。而且,含金刚石极少的湖北和河北金伯利岩中的铬尖晶石缺失或具很弱的 $425-430\text{ cm}^{-1}$ 谱带。