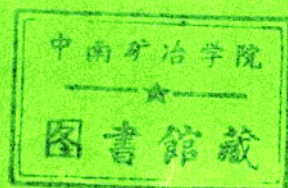


510186

出国技术考察报告

希腊铬矿地质考察 及蛇绿岩成矿作用国际学术讨论会

(内部资料 注意保存)



冶金工业部情报研究总所

出国技术考察报告

希腊铬矿地质考察 及蛇绿岩成矿作用国际学术讨论会

(内部资料 注意保存)

冶金工业部情报研究总所

一九八一年三月

目 录

前言.....	(1)
一、希腊概况.....	(2)
二、联合国教科文组织镁铁质和超镁铁质杂岩成矿作用国际科学讨论会：东地中海—西亚地区及其与世界类似成矿环境的对比.....	(3)
(一) 铬铁矿.....	(3)
(二) 红土型矿床.....	(4)
(三) 菱镁矿.....	(5)
(四) 超镁铁质杂岩的成矿作用.....	(5)
(五) 与镁铁质—超镁铁质岩有关的硫化物矿床.....	(6)
(六) 超镁铁质岩石学.....	(6)
(七) 现代海底成矿作用.....	(6)
三、希腊铬铁矿.....	(7)
(一) 超镁铁质岩概况.....	(7)
(二) 沃里诺斯蛇绿岩杂岩体.....	(7)
(三) 扎格里铬铁矿床.....	(12)
(四) 多莫科斯铬铁矿床.....	(15)
(五) 其它与蛇绿岩有关的矿产.....	(15)
四、希腊红土型铝土矿.....	(18)
(一) 简况.....	(18)
(二) 矿床地质和成因.....	(19)
(三) 找矿勘探和储量.....	(20)
(四) 采矿、筑路和环境保护.....	(20)
五、几点建议.....	(23)

前 言

冶金部赴希腊铬矿考察组一行五人,于1980年10月8日至11月2日在希腊进行了以铬矿为主的地质勘探、开采、选矿等技术考察。考察组在希腊的活动分两个阶段。第一阶段参加了由国际地科联发起,雅典工学院主办的“镁铁质、超镁铁质杂岩成矿作用国际学术讨论会”。考察组在会上宣读了一篇题为《与镁铁质、超镁铁质岩类有关的某些铬、镍矿床的基本地质特征及成矿作用》的论文,并参加了会议组织的地质旅行。整个活动历时六天。第二阶段在希腊考察了三个铬矿山(塞洛里瓦多矿山、扎格里矿山、多莫科斯矿山),一个铝土矿山(帕纳塞斯采矿公司),一个镍铁矿山(优卑亚矿山),野外活动历时十一天。在雅典访问了希腊地质、采矿勘探研究所,及该所在科扎尼的分所,参观了该所的岩石、矿物实验室、化验分析实验室、选矿实验室。

考察组在希期间,得到我驻希使馆大力协助,受到希方热情接待,顺利完成了预期的考察任务。考察情况及收获报告如下。

冶金部赴希腊铬矿考察组

刘晓彤 王之田 李树滋

余传菁 林 驹

一、希腊概况

希腊位于欧洲巴尔干半岛南端，北面与阿尔巴尼亚、南斯拉夫、保加利亚接壤，东北部与土耳其相连，其余三面环水，西临爱奥尼亚海、南临地中海、东南临爱琴海，海岸线全长一万三千余公里(图1)。

境内多山，品都斯山脉纵贯西部，山脉东坡由陡变缓下降至色萨利盆地，在盆地的东北部延伸着一支高大山脉，以奥林匹斯山最高，海拔二千零一十七米，为全国最高峰。东北部边境地区为罗多彼山脉延续部份。

全国面积十三万余平方公里，其中岛屿面积占五分之一。居民九百三十五万人(1978年统计)，农业人口占百分之三十五。

希腊经济状况同西欧多数发达的国家相比是比较落后的。土质贫瘠资源不够丰富，基础工业薄弱。到五十年代仍是一个农业国，但进入六十年代经济发展很快，工业以食品、烟草、纺织为主，近年来冶金、化肥、造船工业也有较快发展，采掘工业有褐煤矿、铝土矿、铬铁矿、镍铁矿以及菱镁矿、石棉矿等非金属矿产。1962—1975年国民生产总值平均年增长6.8%，工业生产平均年增长9.4%，1970年工业产值超过农业产值。航运、旅游业和侨汇是希腊国民经济的三大支柱，1978年底全国拥有商船4927艘，共计5920万吨位，占世界第三位，年收入11亿多美元；旅游业每年接待500—600万人次，年收入13亿美元以上。到1978年国民生产总值达314亿美元，按人口平均3400美元。

希腊地质构造属阿尔卑斯构造带一部分(见图1)。境内东北部为古老结晶地块及其以后的断陷盆地，中生代和新生代沉积物不整合复盖其上部。西南部为白垩纪末和第三纪初形成的阿尔卑斯褶皱带，褶皱呈北西—南东走向，构成品都斯山脉的分布方向。随着褶皱强度的加大，伴随有巨大的逆掩断层和强烈的岩浆活动，早期侵入为基性和超基性杂岩，伴有铬、镍矿化；晚期为花岗岩，伴有铅、锌、铜及钼矿化。

希腊主要矿产有褐煤矿、铝土矿、镍铁矿、锰矿、铅锌矿、菱镁矿、石棉矿等。产于第三纪的褐煤矿，估计储量35亿吨，现年采2300万吨。产于侏罗、白垩纪地层之间的红土型铝土矿，已勘探储量12亿吨以上，现年采300万吨，绝大部分运往欧洲国家。铬铁矿主要产于沃里诺斯岩体和札格里、多莫科斯岩体中，估计远景储量300万吨，现年采矿石10万吨左右，大部份销售国外。红土型镍铁矿，主要产于上白垩纪灰岩下部与辉绿岩或石灰岩之间的不整合面上，估计储量有1.2亿吨，现年采50—100万吨，可炼镍铁合金1—2万吨，其产量占西欧产量百分之三。菱镁矿，主要产于蛇绿岩断裂构造带中，估计远景储量1000万吨以上，现年采20万吨，一部份用于自制铬镁砖，一部份销售国外。

希腊地质工作体制，主要有两种形式。一是由国家经营的，设立政府所属的地质采矿勘探研究所，简称I、G、M、E，它负责全国地质填图、矿产勘探、水文、工程地质及采矿研究工作，全所工作人员600多人，其中地质学家250人，采矿工程师50人，开动钻机60台。他们根据不同地质单元下设五个地区分所，负责各个地区的地质填图和矿产勘探工作。二是由公、私采矿企业自己管理的，地质部门主要为所属矿山进行深部和外围找矿，扩大矿区远景。如斯卡斯底里公司所属铬铁矿山有四名地质人员，开8台钻机进行矿区外围找矿勘探，经过近几年工作效果较好，在矿山深部和外围又发现了铬铁矿，使原来保有

几万吨的铬铁矿山，总计新增储量达100余万吨。

二、联合国教科文组织镁铁质和超镁铁质杂岩 成矿作用 国际 学术讨论会：东地中海—西亚 地区及其与世界类似成矿环境的对比

这次镁铁质和超镁铁质杂岩成矿作用国际科学讨论会于10月9日至11日在雅典举行。会议是由国际地科联发起，希腊文化、科学部赞助，经国立雅典工学院和联合国教科文组织（国际地质对比计划No169）召开的。35个国家和地区的250多名代表出席了这次会议，其中希腊代表50多名。与会代表提交了94篇论文。我部赴希腊铬矿考察组参加了会议，并宣读了一篇题为《与镁铁质、超镁铁质岩类有关的某些铬、镍矿床的基本地质特征及成矿作用》的论文。会议之后，与会代表参加了为期三天的地质旅行，考察了希腊埃维厄岛上的菱镁矿和镍铁矿、希腊北部的泽达尼石棉矿和塞洛里瓦多铬铁矿。

会议期间，我代表团受到东道主热情接待和很多与会外国代表友好欢迎。在开幕式时，我代表团被安排在前排就座；我代表团接到通知较晚，提交论文已超过报名截止日期，但是东道主还是为我代表宣读论文作了安排。会议期间，我代表团与各国代表广泛地进行了接触，增进了彼此的了解和友谊。各国地质学家普遍重视与我国进行科技交流，并表示了对我国地质工作，特别是西藏地区超基性岩工作的强烈兴趣。

本次学术讨论会是“国际地质对比计划No169”活动的一部份。此项目根据国际地科联的倡议于1979年拟定，其主要任务是研究东地中海—西亚地区欧亚板块与非洲板块碰撞带附近与镁铁质、超镁铁质岩有关的成矿作用。该项目的负责人是南斯拉夫贝尔格莱德大学地质学教授S·扬科维奇(S·Jankovic)、奥地利维也纳大学地质学教授W·E·皮特拉谢克(W·E·Petracheck)。

这次科学讨论会所涉及的地区以东地中海—西亚地区为主，并与世界其他地区类似的成矿作用进行对比。主要的课题包括：

- (1) 与镁铁质和超镁铁质杂岩有关的Cr、Ni、Pt、Cu矿床的成因和相互关系；
- (2) 菱镁矿床的成因及其与镁铁质和超镁铁质杂岩的成因关系；
- (3) 红土型镍铁矿——由镁铁质和超镁铁质岩变化而来的产物。

同时还举行了属于“国际地质对比计划No39(蛇绿岩研究)”的世界蛇绿岩带成矿图小组会。

所提交的90多篇论文内容广泛，涉及到镁铁质和超镁铁质岩石学、地球化学、成矿作用及找矿勘探等许多方面。现分别综述如下：

(一) 铬铁矿

论述铬铁矿的论文共18篇。希腊地质学家的几篇论文，着重介绍了希腊主要铬铁矿床（沃里诺斯杂岩体、哈尔西迪西半岛西部铬矿床）的基本地质特征及地球化学特点，以及铬铁矿勘探工作经验。他们比较注重宏观的地质标志的研究并用于找矿。如根据矿线（所谓“drive”）追索矿体；根据矿体中心部位与边缘部份铬尖晶石粒径的差异来推断被揭露矿体的延展。他们也尝试运用磁法、重力等物探方法直接找铬铁矿，但未取得明显效果。除个别文章外，基本上没有对铬铁矿成因作深入的探讨。有一篇文章探讨了阿尔卑斯型超

镁铁质杂岩体中铬铁矿出现的巨韵律层，并作了地球化学研究，指出这种铬铁矿的堆积性质及其产于纯橄岩——斜辉辉橄岩韵律系中特定层位的现象不仅有助于矿床的勘探，而且有效地帮助人们理解这种岩石的岩浆成因。

塞浦路斯的特鲁多斯蛇纹岩杂岩体早已闻名于世。这次塞浦路斯地质学家提交的论文再一次概述了特鲁多斯杂岩体中铬铁矿的分布规律，阐述了其中铬铁矿的成因以及地球化学方法在铬矿找矿工作中的运用。

塞浦路斯铬铁矿床属典型的阿尔卑斯型，主要呈孤立的豆荚状和似层状，产于斜辉辉橄岩与纯橄岩杂岩界面附近的纯橄岩中，纯橄岩透镜体内斜辉辉橄岩中，或为纯橄岩外壳所包裹。其基本地质特征与我国西藏地区的某些铬铁矿床类似。其主要矿床（科基诺特索斯）产于纯橄岩——斜辉辉橄岩过渡带的中部。他们认为该区铬铁矿的形成经历了两个阶段。最初由于液态岩浆的正常岩浆分异（通过沉重的铬铁矿晶体的重力沉降）形成于地壳或地幔深处，结果生成一种层状序列。后来分异了的物质部分重熔，接着活化并贯入到半固态的晶体粥的顶壳，结果破坏了原始的层构造，从而生成了不规则的豆荚状矿床。

塞浦路斯的地质学家曾在特鲁多斯杂岩体中部的科基诺特索斯地区，进行了以找矿为目的的地球化学调查。在调查期间他们以一定的网度采集各种超镁铁质岩样品131件，并作了铬含量测定。分析结果进行了电算机处理，据称取得了令人鼓舞的结果。根据该区的工作，他们认为化探技术既可用于普查找矿，又可用于详细勘探工作。在许多矿产勘探实例中，电算技术已用于地球化学数据的分析评价，并且表明它比常规的地球化学评价方法有显著的优越性。

意大利、菲律宾、印度、土耳其、保加利亚等国的论文分别对本国铬铁矿作了一般性介绍。这些论文或者对本国的铬铁矿床进行成因分类，或者论述本国某岩体中铬铁矿床的特征和成因。

（二）红土型矿床

在世界许多发育镁铁质和超镁铁质岩的地区，广泛分布红土型矿床。这一课题也受到许多代表的密切注意，共提交了13篇有关论文。涉及到东南欧，希腊，阿尔巴尼亚，土耳其，印度，巴西等国的红土型镍铁矿、硅酸镍矿及红土型铝土矿的成矿时代，地质构造环境，矿床分布特点，成因机制等。

南斯拉夫地质学家Z·马克西英维奇综述了东南欧红土型镍铁矿床的成矿作用，指出东南欧的红土型镍铁矿床是在早白垩世和早第三纪——晚第三纪，由于超镁铁质岩遭受强烈的化学风化作用而发育起来的。下白垩统含镍红土大部分为阿尔必（早白垩世晚期），阿尔必—森诺曼、森诺曼海侵，或土伦（晚白垩世）海侵所破坏，并呈鲕状镍铁矿再沉积。

在东南欧，早第三纪——晚第三纪早期的超镁铁质岩石上的风化壳保存完好，而且其侵蚀残留物包含有价值的硅酸镍矿床。根据地质、矿物和成因特征，他将东南欧与超镁铁质岩红土化有关的镍矿划分为下列几种类型：

1. 阿尔必阶到土伦阶鲕状镍铁矿矿床。这类矿床又可分为两个亚类：

- （1）产于超镁铁质岩基岩上的鲕状镍铁矿；

- （2）产于喀斯特石灰岩上的鲕状镍铁矿；

2. 早第三纪——晚第三纪早期超镁铁质红土中的鲕状镍铁矿床；

3. 接触喀斯特镍铁矿床，于早第三纪——晚第三纪早期，在超镁铁质岩与灰岩的接

触带上, 由于超镁铁质岩风化作用而成。

希腊的红土型铝土矿是一种独特的铝土矿类型, 本文的第四部份将作专门介绍。

(三) 菱镁矿

所提交的论文中有六篇专门讨论希腊和南斯拉夫与超镁铁质岩有关的菱镁矿矿床。据认为, 发育在希腊和南斯拉夫某些碎屑型沉积菱镁矿床是已知的菱镁矿床分类中所没有的。南斯拉夫学者论述了这种不同于已知沉积型菱镁矿的矿床特征。

南斯拉夫地质学家Z·马克西莫维奇等论述了超镁铁质杂岩中的菱镁矿矿床的成因, 根据其地质、矿物学和地球化学特征将东南欧的这类菱镁矿矿床划分了下列主要成因类型:

1. 热液脉状矿床: 是最主要的一种类型, 其特征是矿石中Ba、Sr、Ti、Mn和Fe的含量极低, Ni和Co含量也不高。

2. 位于超镁铁质基底上的晚第三纪盆地中的沉积型矿床, 其中有本区最大型的菱镁矿矿床。微迹元素组合表明这类矿床在成因上与超镁铁质岩关系密切。

3. 热液交代型矿床, 菱镁矿呈浅褐色, 含 $\text{FeO} < 2.5\%$ 。其微迹元素组成类似于超镁铁质母岩。

4. 充填型菱镁矿, 来自超镁铁质风化壳, 形成细网状脉, 随深度加大而尖灭, 以Ni、Sr、Ba、Ca含量较高为特征。这表明搬运的距离短, 矿床形成于浅成富集条件。

(四) 超镁铁质杂岩的成矿作用

属于这一类的论文共36篇。涉及东地中海——西亚地区以及世界其他地区超镁铁质岩的分布, 及有关的成矿作用。从所宣读的论文中可以看出:

1. 与蛇绿岩有关的矿产及其成矿作用的研究为各国学者所重视。这些论文涉及金属矿产及非金属矿产; 岩浆矿床的形成条件及红土化条件下元素的富集规律; 超镁铁质岩石中的铬、镍、铂族元素矿床及与蛇绿岩剖面顶部镁铁质岩有关的块状硫化物矿床。

2. 论文往往就某些含矿岩体的地质、矿物、地球化学、矿床成因进行较深入的研究。有的在红土化矿床研究中, 采用了偏光显微镜、X光衍射、扫描电子显微镜、电子探针、穆斯鲍尔光谱测定等方法。有许多代表在论述岩浆矿床成因时, 运用了较多的成岩成矿成果。因而多数论文具有课题小、研究深入、论证充分的特点。

美国青年女地质学家J·A·彼得森研究了美国西部与蛇绿岩有关的矿产, 运用计算机编制了美国西部蛇绿岩成矿图, 受到与会代表的注意。

国际地质对比计划№169的负责人, 南斯拉夫的S·扬克维奇在会上作了题为《东地中海——西亚地区与镁铁质和超镁铁质岩有关矿床的成因类型和成矿作用特征》的报告, 指出东地中海——西亚的阿尔卑斯镁铁质和超镁铁质杂岩体位于两、三个区域带中, 长达数千公里(即从阿尔卑斯到喜马拉雅)。包括辉长岩—闪长岩—钠长正长岩杂岩在内的细碧角斑岩系, 常常与镁铁质和超镁铁质岩有密切的关系; 通常与侏罗纪大陆间裂谷作用的早期阶段有关的这种岩石系利以及玄武质熔融体与大陆壳的反应具有特殊的成矿意义。鉴于我国西藏蛇绿岩带位于这一构造带的东部地段, 所以这位南斯拉夫地质学家急切地希望了解该区的情况, 期待中国参加国际地质对比计划№169项的工作。

最后, 他提出了一个与蛇绿岩有关的内生、外生矿产(包括铬铁矿、钛铁矿、硫化铜镍矿、铂族元素矿化、与辉长岩有关的岩浆期后——矽卡岩磁铁矿、红土型镍(钴、铬)

铁矿、菱铁矿和海相砂矿)的成因分类。

(五) 与镁铁质——超镁铁质岩有关的硫化物矿床

属于这一方面的论文共六篇,涉及到芬兰、瑞典、土耳其、坦桑尼亚和西澳的铜镍硫化物矿床。

有一篇论文报导了1977年在土耳其东部比特利斯地块中部发现的潘卡丽(Pancarli)铜镍矿床,颇有意思。该矿床产于厚达2900多米的变质岩系的下部,变质岩体主要由石英长石片麻岩、石榴石闪石岩和黑云母片麻岩组成,时代为古生代。很可能为前寒武纪。矿床几乎总是产于石英长石片麻岩中,而不与它周围的足够数量的超镁铁质到镁铁质岩石或其变质产物共生。该矿床化学组成颇为均匀(Ni2.82%, Cu1.41%, Co0.16%),矿物共生组合简单——磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿和磁铁矿。矿体规模较小,呈透镜状或似脉状。该区没有发现典型岩浆铜镍矿床特征之一的浸染状矿石。磁铁矿显示碎裂结构。矿体与周围的变质岩往往界限截然,而且经常包含碎屑的石榴石和(或)角闪石晶体,以及诸如闪石岩、石英长石片麻岩的岩石碎块。作者根据这些观察作出判断,认为潘卡丽矿床是岩浆成因的分凝型镍铜矿床;在成矿之后,它们受到闪石相变质作用和强烈的变形作用改造。

荷兰学者通过对西澳大利亚卡姆巴尔达等矿床的观察和对流值特征的仔细研究,认为正在重结晶着的超镁铁质岩中,硫化物颗粒的重力分凝确实可以说是对产于超镁铁质岩体下部的含镍硫化物堆积现象的极好的解释。他指出,在固态环境下,含镍硫化物重力分凝学说对于矿床勘探有着极其重大的意义,它使得人们有理由提出应当从新检查那些迄今被认为是没有镍矿体的许许多多的超镁铁质岩体。

(六) 超镁铁质岩石学

所提交的论文有21篇。理论岩石学、超镁铁质岩体中原生和次生矿物分布、镁铁质岩和超镁铁质岩的区域分布、某些地区蛇绿岩剖面特征、某些岩体的蛇纹石化问题。

法国学者以《大洋橄榄岩中的部分熔融和重结晶作用》为课题作了研究。他们从经度45°附近的大西洋中脊,以及维马和坎断裂带采集了大洋橄榄岩样品,进行了岩石学研究,并与采自科西嘉的蛇绿岩套橄榄岩作了对比。作者认为,这些橄榄岩的结构与岩性特征与底辟的熔岩泉一致;部分熔融主要发生在熔岩泉的尖晶石相。特别是当斜长石区发生重新平衡时,流体朝表面的移动,可以局部地改变残余地幔的矿物特征。这些过程可以解释沿洋中脊变化不大的玄武岩中尖晶石组份某些多样性。在橄榄岩中,在地幔碎块侵位到主要处于斜长石相状态的上部地壳期间,重结晶作用可以发生于底辟边部。

印度学者C·纳达那等报导了他们研究超镁铁质岩的结果,认为曾被确认具有鬣刺结构产于绿岩带的超镁铁质岩中的科马提岩,具有类似于典型蛇绿岩套下部单元超镁铁质岩的特征。指出科马提岩浆的生成可能不仅仅是前寒武纪特有的。

(七) 现代海底成矿作用

美国哈佛大学地质系教授H·D·荷兰德在讨论会上放映了他们在海洋洋底2300米深摄制的现代海底成矿作用的彩色科技记录片。该片再现了现代海底热泉的喷出活动。在北纬21°东太平洋海隆顶峰上,喷发的热液活动形成了海底“烟筒”,黑烟滚滚,冒出的硫化物和硫酸盐类沉积下来,温度在350°C左右。对东太平洋海隆的地质观察将继续进行。目前这种现代成矿作用的经济意义尚不大,但却是塞浦路斯铜矿的现代模拟。对现代洋底成矿作

用的观察有利于更深刻理解地质史上的成矿过程。与会代表对这部科技电影很感兴趣，开阔了地质学家们的眼界。

总之，通过这次国际科学讨论会我们可以看出，国外目前对蛇绿岩研究的广度和深度。随着科学技术的进步，板块学说的问世，地质学领域国际间交往的增进，蛇绿岩研究的发展是迅速的。这方面的成就本身又促进着地质学理论的发展，并且由于与蛇绿岩有关的矿产的大量发现，为各国经济发展创造了有利的条件。可以预见，由于国际地质对比计划№169，№39，№131等（与蛇绿岩及其成矿作用有关）项目的研究工作的开展，各国对于蛇绿岩的研究工作将更加活跃，可望取得更大的进展。

我国解放以来，对于蛇绿岩及其有关的矿产进行了大量的地质工作。与此同时科学院和地质部中国地质科学院及冶金部等有关研究单位协同生产单位开展了较为深入的研究工作。应该说我国在这一领域的研究程度不低，研究水平也不差。当然，在某些方面还有差距，比如我国对于蛇绿岩的区域地质研究比较薄弱；往往重视超镁铁质研究，而忽视了对整个蛇绿岩剖面及其有关矿产的研究。在铬矿床勘探方面也走了曲折的道路，不适当地投入了大量的工作量进行岩体地质工作和深部找矿。在实验岩石学和成矿模拟实验等方面，基础还比较薄弱。这些我们都应尽快改进，努力在上述地质领域做出应有的贡献。

三、希腊铬铁矿

（一）超镁铁质岩概况

在希腊，镁铁质、超镁铁质岩浆活动十分发育，广泛分布的镁铁质、超镁铁质岩类约占希腊陆地面积的5%（见图1）。根据其空间分布，大致可以划分为两个岩带：东带位于卡尔西迪西（Chalkidiki）半岛，向北西延续到南斯拉夫境内；西带包括品都斯山，奥林匹斯山至埃维厄岛一线的一系列的岩体，它是希腊主要的超镁铁质岩带，其重要的工业铬铁矿床集中于此带；这个岩带与阿尔巴尼亚超镁铁质岩带属同一岩带。希腊大多数超镁铁质岩体侵位于三叠纪至早第三纪阿尔卑斯地槽沉积物中，但主要出露在森诺宁（Cenonia）灰岩下伏的侏罗系中，属阿尔卑斯期产物，一般说来，岩体基本上由斜辉辉橄岩和橄榄岩组成，并含有少量纯橄岩分离体和脉状辉石岩，属典型的优地槽区超镁铁质岩岩体类型，与我国西藏、新疆、内蒙等地的岩体类型相似。

早在100多年以前希腊便开采耐火级铬铁矿，而到第二次世界大战前不久才开采冶金铬铁矿。在1891—1975年期间，希腊共计生产铬铁矿石147.5万吨。希腊的铬铁矿根据其地质特征可以划分为两种类型：

- （1）产于纯橄岩分离体中的条带状矿体，例如沃里诺斯岩体中的塞洛里瓦多矿床；
- （2）产于蛇纹岩中的豆荚状铬铁矿体，例如伏洛斯附近的扎格里和多莫斯科斯矿床。

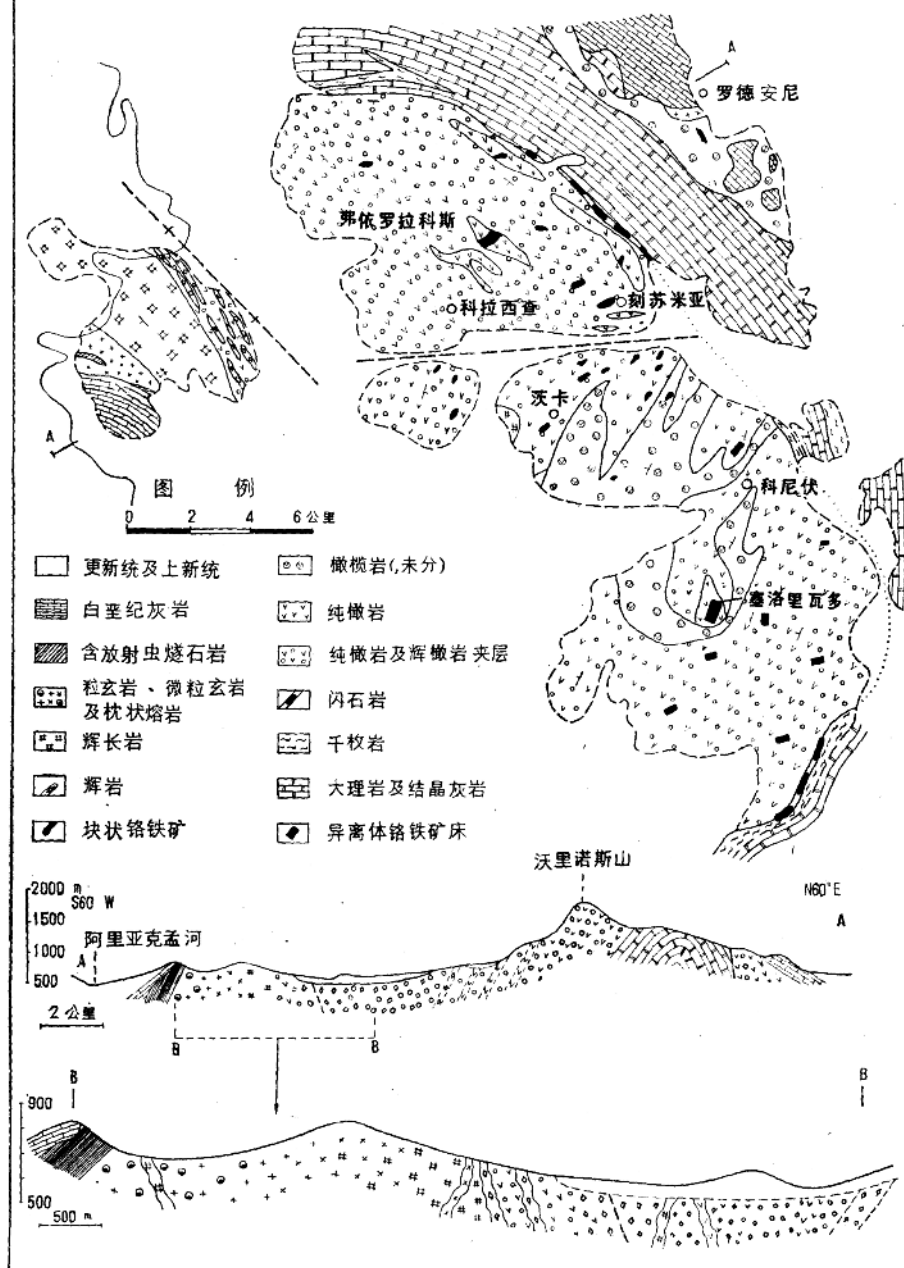
希腊有许多铬铁矿产地，主要工业铬铁矿床集中于沃里诺斯岩体和扎格里、多莫斯科斯岩体（见图1）。希腊主要铬矿山产量见表1。据估计，目前希腊铬铁矿储量为300万吨。

除了铬铁矿外，希腊还有许多与蛇绿岩有关的矿产：石棉、菱镁矿以及红土型镍铁矿、铝土矿等。

（二）沃里诺斯蛇绿岩杂岩体

1. 岩体地质特征

图2 沃里诺斯蛇绿岩杂岩体地质略图



(据 K. Zachos 1979)

表 1 希腊主要铬铁矿区铬铁矿产量

矿 山 名 称	时 间	产 量 (吨)
扎 格 里	1891—1975	648,000
多 莫 科 斯	1918—1962	455,000
塞 洛 里 瓦 多	1954—1975	228,000
罗 底 安 依	1939—1960	38,000
伏 依 林 朗	1910—1956	24,000
卡 尔 西 迪 西	1910—1938	58,000
维 罗 依 阿	1939—1952	24,000
总 计	1891—1975	1,475,000

沃里诺斯蛇绿岩杂岩体位于希腊北部科扎尼附近,是已知的希腊最主要的含铬岩体,面积约250平方公里。岩体侵位于结晶的侏罗纪石灰岩中,北部走向北西,向南西倾斜;由于受到断裂作用影响,其南部走向折向南西—北东向,倾向向北西(图2),呈单斜状产出。岩体与围岩为侵入接触关系。接触带附近,石灰岩发生了重结晶作用,橄榄岩具有片理构造,它与闪石质片岩一起组成了过渡带。有些地方,接触带伴有断层。

岩体发育一系列镁铁质、超镁铁质岩石,从下至上大致可以分为两个岩相带:

(1) 超镁铁质岩岩相带,位于岩体的中、下部,构成岩体的主体,基本上由斜辉辉橄岩、橄榄岩组成,其中发育规模不等的板状、透镜状和不规则状纯橄岩分离体,最大的纯橄岩分离体长2000米左右,宽约500米,多位于岩体的中、下部,其产状基本与岩体产状一致。此外,还发育大量脉状粗粒—伟晶辉石岩,特别是靠近该岩相带顶部,这种辉石岩含量越来越多。

(2) 镁铁质杂岩带,位于岩体的上部,为杂岩体的次要组成部分,由异剥岩、辉长岩、微晶辉长岩、粒玄岩、微晶粒玄岩等组成。有的资料认为顶部还出现枕状熔岩。整个上部岩带常被后期侵入的岩脉和岩墙所切割。

两个岩相带之间呈渐变过渡关系。

根据岩石组合和分布特征,沃里诺斯岩体可能属于纯橄岩—斜辉辉橄岩(橄榄岩)—橄长岩—辉长岩型,与我国内蒙赫根山岩体非常类似。

2. 铬铁矿床特征

岩体中铬铁矿化现象较为普遍,经过勘探和开采的矿点主要有塞洛里瓦多、科拉西查、刻苏米亚、科尼伏、茨卡、弗依多拉科斯等多处,主要发育于岩体的中、下部位。

岩体中所发现的矿床,按其地质特征可以划分为两种类型:产于纯橄岩分离体中的条带状铬铁矿体和由块状铬铁矿组成的豆荚状铬铁矿体。前者是本岩体中主要铬铁矿床类型。下面仅以塞洛里瓦多和弗依多拉科斯矿床为例,概述这两种矿床类型的基本地质特征。

(1) 塞洛里瓦多条带状铬铁矿矿床

矿体仅仅赋存于纯橄岩分离体中(图3),矿化带为工程控制的部分长约1000米,宽约250米。该矿床共有7个主要矿体,单个矿体产状较为稳定,走向为NE50°左右,陡倾。一般说来,其走向长度为200—1000米,宽1—10米,沿倾斜延深100—200米。所有的矿体均

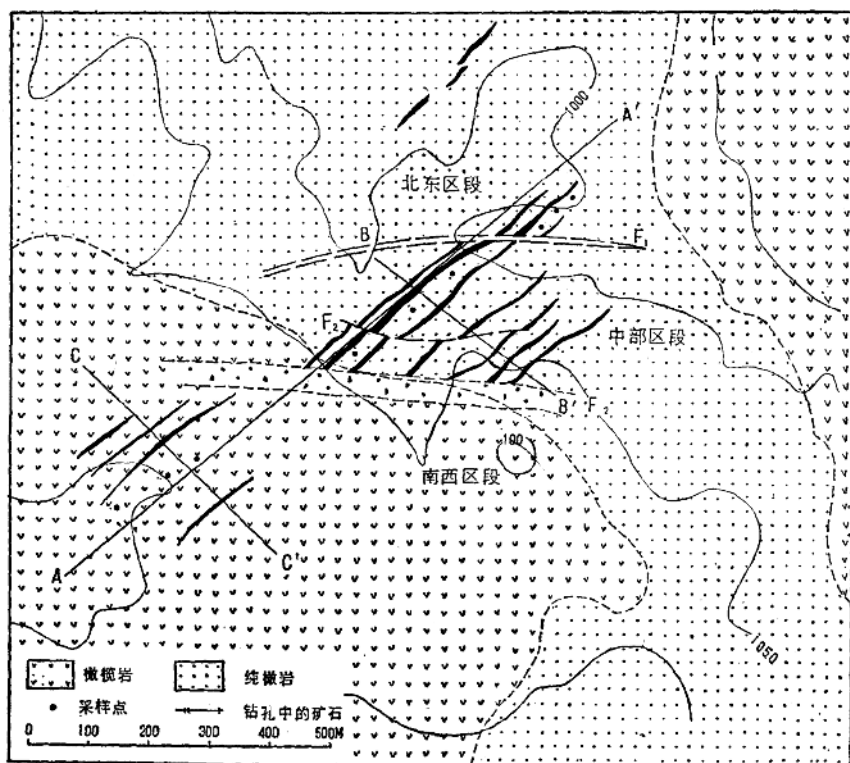


图3 塞诺里瓦多铬铁矿体地质平面图

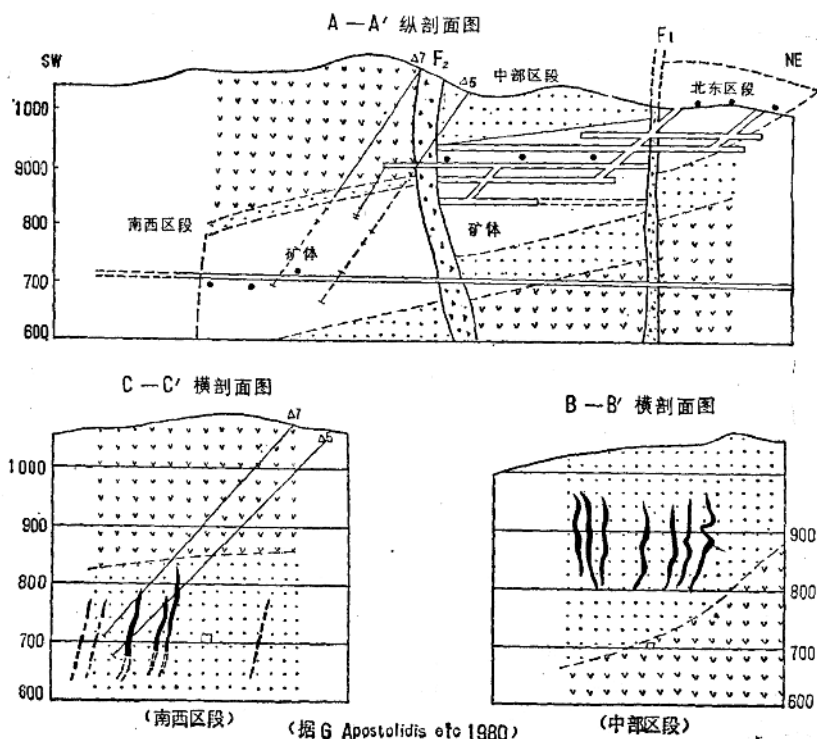
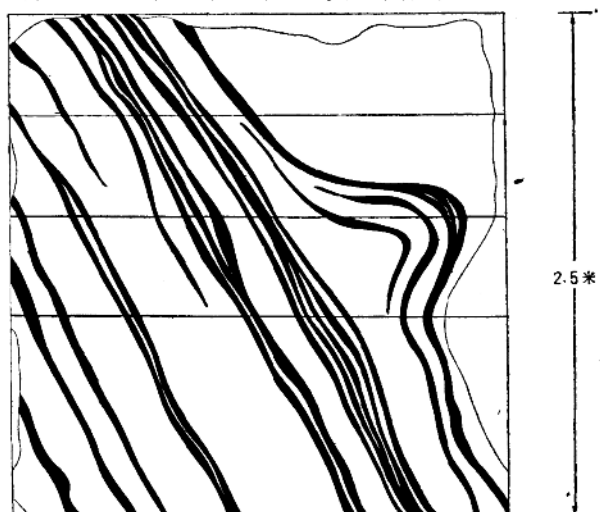


图4 塞洛里瓦多铬铁矿床南西区段掌子面素描图



铬铁矿条带 2-10 厘米宽 Cr_2O_3 品位 38-42%

纯橄岩条带 5-50 厘米宽

整个掌子面 Cr_2O_3 品位 20-22%

(据 G. Apostolidis et al 1980)

表 2 铬铁矿颗粒电子探针分析结果

样 品	Cr_2O_3						Cr/Fe
	最 低	最 高	平 均	最 低	最 高	平 均	
1	56.0	64.3	59.0	10.0	13.6	11.2	3.40
2	53.6	62.1	57.0	9.2	13.9	11.4	3.42
3	53.3	58.8	56.3	10.1	15.9	11.3	3.41
4	53.0	62.7	57.3	10.0	12.4	11.3	3.48
5	54.7	58.4	57.0	10.4	13.2	11.3	3.45
平 均	54.1	61.2	57.3	9.9	13.8	11.3	3.43

为横向断层 F_1 、 F_2 所破坏。两个断层产状近于一致，走向近东西向，倾斜近垂直。 F_1 断层使矿体在垂向上错动了100米，侧向上位移了30米。

矿体呈板状形态，由交替产出的粗粒—细粒铬铁矿—纯橄岩条带构成，每一铬铁矿条带宽约2-10厘米、纯橄岩条带宽约5-50厘米，几何形态比较稳定（图4）。矿石类型以条带状矿石和浸染状矿石为主，个别矿体中可见瘤状矿石和块状矿石。矿石品位为10-30%不等（包括纯橄岩夹石在内）。所有这种类型的矿石都需要选矿之后才能利用，精矿 Cr_2O_3 品位为50-52%，Cr/Fe值为3.1:1，属冶金级矿石。

G·阿波斯托利迪等（Apostolidis et al, 1980）曾对该区的矿石的化学、矿物学和物理性质进行过较为系统的研究。结果表明，铬铁矿的化学成分在空间上没有显著的变化。

表2给出了每个精矿样品铬铁矿颗粒的电子探针分析结果：从这些分析结果可以看出，铬铁矿颗粒 Cr_2O_3 含量平均值变化于54.1—61.2%之间，其变化取决于杂质的多少。

铬铁矿石中的脉石矿物为叶蛇纹石、纤维蛇纹石和绿泥石。铬铁矿近矿围岩为蛇纹石化纯橄岩，其中经常可见水镁石的富集，相反在铬铁矿颗粒之间则多为绿泥石。

铬铁矿粒径沿垂向和侧向变化很大。矿体中心部位铬尖晶石颗粒较粗，往往大于1毫米，而其边部则逐渐变细。目前矿体的南西区段铬尖晶石颗粒为1—2毫米，较其中段(0.5—1毫米)粗大。据此，希腊的地质学家认为，现在追索到的南西区段还不是矿体的端部，整个走向可能比现在已知的长度大得多。据计算，该矿床目前开采储量为300多万吨(其中已开采100多万吨)品位为30%左右的铬铁矿石。估计通过继续勘探，其储量将会有相当大的增长。

(2) 弗依多拉科斯豆荚状铬铁矿床

该矿床位于岩体的北部，矿体赋存于纯橄岩中。在一条河谷中见有20多个豆荚状铬铁矿体(图5)，几乎垂直产出，微向溪谷的中轴倾斜。这种产状给人的印象似乎是由于构造异常引起的，但事实并非如此。通过详细地质填图，K·扎科斯(Zachos, 1969)认为这种产状是一种岩浆异常现象：在岩浆分异过程中，含铬铁矿纯橄岩呈蘑菇状贯入于半凝固的岩浆中。因此铬铁矿化具有如泰耶尔所描述过的晚期局部贯入的纯橄岩质母岩所具有的线理和叶理，而不与区域的超镁铁质岩块的总线理和叶理方向一致。

组成矿体的矿石为块状矿石，其 Cr_2O_3 含量为40—50%，氧化铝和铁含量低，是一种优良的冶金级块状矿石。但矿体规模小，最大的矿体长20多米，宽10来米，矿石量不超过1000吨—10000吨。

在岩体的某些地方还见有小的脉状矿体，通常仅有几厘米宽，偶尔可达1—3米。这种类型矿体的储量有限，勘探困难。

3. 铬铁矿床的勘探方法

直到1950年，在该岩体中仅限于开采少量不需选矿的高品级铬铁矿石。1950年开始在该区进行较为系统的勘探工作。一般说来，鉴于该区铬铁矿勘探工作的复杂性，希腊地质工作者在该岩体中采用就矿找矿、边采边探、坑探和占探相结合的方法。钻探深度一般不超过100—200米，而且大量使用水平和倾斜坑内钻探。

1950年时，仅在该矿床北部发现出露地表的三个平行矿体(图3)，沿北东—南西向延续150米，陡倾斜。通过地表占探，获得15万吨 Cr_2O_3 品位为18%的矿石。在开采和勘探的过程中，通过占探和坑探追索到了被 F_1 、 F_2 断层所错失的矿体，并发现了另外四个平行的矿体。目前，水平探矿、运输坑道已长达2公里，追索到 F_2 断层南西450米处的矿体，发现矿体没有变窄、尖灭的迹象，因此坑道还在延长，并设计以100米间距打坑内钻占继续追索矿体。

(三) 扎格里铬铁矿床

该矿床位于希腊中部伏洛斯城以西50公里处，从十九世纪末至今一直在进行开采，生产耐火级铬铁矿。截止1975年，该区共生产铬铁矿石64.8万吨。所生产的铬铁矿除供本国生产耐火材料外，其余全部出口西欧。目前该矿床的地质勘探工作仍在进行中。

该区的超镁铁质岩体呈岩枝状侵入于古生代片岩中，白垩纪灰岩复于片岩之上。其地表形态呈喇叭状，西宽东窄，最宽部位约300米，岩体东部为盲岩体。岩体由强烈片理化蛇纹岩

图6 希腊扎格里铬铁矿床NoⅢ铬铁矿体立体图

