

第一届世界非金属矿物会议论文集

(上)



《国外非金属矿》编辑部

1985·10

7-53

98

目 录

第一届世界非金属矿物会议简况——兼前言

.....徐卓然 (1)

南斯拉夫工业矿物述评

.....B. 维康杰克 著

刘永之、陈天柱 译 (3)

用断裂面的计算机模拟估算建筑石料矿床内规格荒料回采率

.....J. 凡赛尔等 著

朱贵芳 译 (15)

沉积蛋白石—方英石矿床的地质—工业类型

.....Y. 季斯坦诺夫 著

顾倚登 译 (21)

南斯拉夫克罗地亚果尔什基可塔和别祖瓦果拉基茄克地区的重晶石

.....D. 沙维奇 著

石大鑫 译 古阶祥 校 (26)

莫桑比克蒙塔缪恩姆比碳酸盐杂岩中的萤石成矿作用

.....M. 柯斯卡等 著

荣 昕 译 (31)

潜在的高岭土资源——南斯拉夫联邦研究会研究的高岭土化花岗岩

.....N. 狄雅柯维奇等 著

施惠良 译 胡兆阳 校 (36)

非金属的开发利用

.....Z. A. 恩格尔特勒 著

陈 云 译 刘国民 校 (42)

保加利亚东罗彼斯克地区残留粘土矿床及其利用的可能性

.....B. 伯尔万诺夫等 著

彭程远 译 李兰英 校 (47)

南斯拉夫在工业矿物选矿方面的成就

.....S. 萨拉蒂奇 著

江杰男 译 莫惠敏 校 (49)

匈牙利多卡尼山区的非金属矿物原料及其在工农业上利用的可能性

.....E. 玛蒂亚斯 著

袁继祖 译 毛明华、瞿修治 校 (55)

- 用于多组分结晶和部分非晶质矿物学系统定量相分析的一个组合方法
K·P·赞加里斯 著
 马之平 译 李智佩 校 (60)
- 含可燃物质非金属原料在陶瓷中的应用与评价
P·尼茨夫罗维奇等 著
 王德胜 译 张明亮 校 (68)
- 保加利亚饰面大理石的分类
БЛ·彼得罗夫 著
 刘禄尊 译 刘昌寅、刘秀君校 (72)
- 比特利斯梅塞利克锡尔蒂含磷灰石磁铁矿的精选
M·乌丘鲁姆等 著
 任卫江 译 忻晓红 校 (76)
- 普里莱普附近地区艾林塞矿床碱性正长岩的选矿方法
B·彼得罗维奇等 著
 李博威 译 袁 鸣 校 (82)
- 工艺参数和原料粒径对天然石膏制取的 α -半水石膏特性的影响
S·马林阔维奇等 著
 范林娟 译 李智佩 校 (85)
- 因子设计在浮选工艺上的应用
O·瓦尔蒂艾宁等 著
 王福民 译 王启运 校 (89)
- 南斯拉夫的碳酸盐填料和粉料生产
M·加萨里克 著
 刘开平 译 (94)
- 关于利用沸石净化气流中 SO_2 的可能性
M·布格尔等 著
 葛文辉 译 张金铭 校 (100)
- 在水介质中提取温石棉矿石纤维的工艺方法
D·伊万科维奇等 著
 毛明华 译 石大鑫、姬文桂 校 (104)
- 地球动力学现象与地下和地表建筑物的稳定性
M·克列泽克等 著
 林润江 译 李智佩 校 (108)
- 在弗鲁什卡山发现含玛瑙类的碳酸编玛瑙 一种新的宝饰石
A·安东诺维奇等 著
 蔡海康 译 李静娴 校 (112)

- 非金属矿吸附剂在农业上的应用
 J·修勒 著
 李梦杰 译 程淑兰 校 (116)
- N-酰氨基酸——萤石和方解石浮选分离捕收剂
 H·鲍道夫等 著
 黎 军 译 毛卫平、姬文桂 校 (121)
- 苏联非金属矿产资源地质调查中的主要问题
 A·菲利科等 著
 陈兴容 译 赵玉丁 校 (127)
- 苏联在研制和应用新设备的基础上改进石棉矿石选矿工艺
 3·布拉托娃等 著
 方和平 译 宋振东 校 (131)
- 作为优质化工原料用的蛇纹石
 F·彼克纳 著
 赵立巍 译 杨宗镜 校 (136)
- 应用高梯度磁选机降低某些粘土矿物的铁含量
 I·伊凡等 著
 徐洪林 译 毛明华 校 (139)
- 石英砂的水力开采及钻井开采
 V·科托普等 著
 杨润京 译 (143)
- 从复合多金属矿石中提取重晶石水循环法新工艺的制定
 X·帕希奇等 著
 陈 正 译 袁继祖、赵玉丁 校 (147)
- 利用粒化石英粉料熔制玻璃的初步研究
 S·瑞格里奇等 著
 龙 薇 译 刘鉴生 校 (151)
- 非金属原料在核能工程上的应用
 L·J·克内泽维克等 著
 陈玉东 译 刘鉴生 校 (155)
- 捷克斯洛伐克某些工业矿物和岩石的地质及利用情况
 M·库兹瓦尔特 著
 苏卫国 译 陈硕彦 校 (158)
- 非金属有用矿物的开采和合理利用问题
 B·И·戈尔库诺夫 著
 徐 洵 译 徐 健 校 (163)

第一届世界非金属矿物会议简况

—兼 前 言

徐卓然

1985年4月15日至18日在南斯拉夫的首都贝尔格莱德召开了第一届世界非金属矿物会议。这是一次十分重要的会议。《国外非金属矿》编辑部决定出版这次会议的论文集，这将使我国从事非金属矿科研、设计、生产以及教育等方面的科技人员能够了解世界非金属矿发展的动向以及一些重要科技成果，有利于促进我国非金属矿事业的发展。因此，我代表中国硅酸盐学会并以出席这次会议的中国硅酸盐学会代表团团长的名义，表示热烈地祝贺和感谢！

这次世界非金属矿物会议之所以重要，表现在如下几个方面：

首先是会议的规模较大。参加会议的代表有600人，其中，来自保加利亚、捷克、中国、芬兰、民主德国、联邦德国、匈牙利、伊朗、意大利、土耳其、美国、英国及苏联等39个国家的正式代表160余人，中国硅酸盐学会代表徐卓然、石大鑫（副团长）、朱贵芳、牛德郢、李梦杰出席了会议，中国地质科学院的吴承栋、俞永刚也参加了这次会议。南斯拉夫工程师技术员协会主席、国际上享有盛名的S·萨拉蒂奇教授主持了开幕式，他指出非金属矿物是重要的原料，这次会议的召开将引起各国对非金属矿物的重视，非金属矿物将会更广泛地用于人类社会的各个领域，必将引起原材料工业的重大变革，推动人类社会的进一步发展。

其次是这次会议的论文内容相当丰富。会议共征集论文103篇，其内容涉及非金属矿地质方面的占30%，采矿方面占10%，选矿和应用方面占50%，机械、经济评价和市场贸易方面占10%。南斯拉夫的B·维康杰克和S·萨拉蒂奇教授分别以南斯拉夫工业矿物述评和南斯拉夫在工业矿物选矿方面的成就为题，比较系统地介绍了南斯拉夫发展非金属矿工业的情况和经验。各国代表除对非金属矿地质及采矿等的研究成果进行详细论述外，还对非金属矿的利用作了介绍和讨论，基本上可分以下七个方面：①用非金属矿作吸附剂，在农业方面可以提高农作物产量、促进动物生长。②用岩石生产矿物纤维，可用作绝热、隔音材料。③膨润土的利用。膨润土可用于食用油、矿物油，食糖加工；果酱、酒类净化及提高啤酒的稳定性；在化学工业中作为催化剂、杀菌剂；在橡胶、塑料工业中作填料；也可作泡沫灭火剂、矿物清洗剂；有机膨润土还广泛地用于颜料工业；在医药、铸造、钻探、选矿及建筑、建材等都有重要应用。④非金属矿物节能效果显著，可用作建筑绝热材料，用作造纸、橡胶、颜料、塑料生产中的填料。⑤核能的利用和核电站的建设为非金属矿物的应用开辟了新的领域。添加重晶石的混凝土可作为生产固结和处理含有放射性废物的填料及制取防护材料，沸石可用于长期贮存放射性同位素，对安全发展核工业起着重要作用。⑥非金属矿可作为玻璃、陶瓷工业的原料。例如用斑状花岗岩作为陶瓷原料，使用霞石正长岩作玻璃原料，用粒状石英制取高强度与化学性质较稳定的石英玻璃。⑦用蛇纹岩可生产高级化学制品。例如生产

高品级氧化镁，其副产物多孔性氧化硅可用于造纸业、酿造业的污水净化等方面。此外，我国代表朱贵芳高级工程师以膨润土工业为例，向各国代表介绍了我国非金属矿资源状况及发展概况，并介绍了我国非金属矿工业设计、研究及科技队伍的现状。

第三，会议就第二届世界非金属矿物会议在我国召开的问题，取得了一致意见。初步商定：①1989年9月在中国北京召开第二届世界非金属矿物会议。②会议以中国硅酸盐学会为主，与南斯拉夫工程师技术员协会、联合国工发组织、《工业矿物》杂志编辑部联合主办。③第二届世界非金属矿物会议的中心议题是：非金属矿物的有效开发与利用。内容包括：A. 非金属矿产的技术经济评价；B. 非金属矿产的投资与市场动向；C. 非金属矿产的综合开发及加工利用；D. 电子计算机在非金属矿工业中的应用；E. 非金属矿物在第三世界的利用。

在闭幕会上，我应邀在大会上发言，阐述了我国的大好形势和对外开放政策，介绍了我国丰富的非金属矿资源和良好的发展条件，以及开发利用情况。我们表示希望和国外同行增加友好往来和合作，欢迎各国代表踊跃参加在北京召开的第二届世界非金属矿会议。以上发言，受到了与会代表的热烈鼓掌欢迎，同时，会议主席就下届会议在北京召开的问题举手表决，结果一致通过，会议气氛相当友好热烈。

代表团回国后，经上级批准，对下届会议的筹备工作确定了如下几点：A. 成立筹备委员会，由中国硅酸盐学会牵头（徐卓然同志任主任），组织非金属矿公司、非金属矿专业委员会、苏州非金属矿山设计院、咸阳非金属矿研究所及武汉工业大学等单位共同筹办。筹委会的成员，除上述单位外，还请研究生院、国家建材局进出口总公司、情报研究所、人工晶体研究所及化工部、冶金部、地矿部等单位的代表参加。B. 筹委会的初步工作计划是：拟于今年内成立筹备委员会，确定筹委会的工作计划及工作日程，为预备会议作好准备。拟于1986年第二季度在京召开预备会议，由筹委会报告筹备工作计划，商定征集论文及发会议通知等事宜。C. 研究会议的经费及筹委会的经费问题。

总的来说，由国家建材局咸阳非金属矿研究所《国外非金属矿》编辑部编辑出版第一届世界非金属矿物会议论文集，这是一件好事，希望从事我国非金属矿事业的各有关单位及人员，结合自己的专业和工作需要，很好地消化和吸收对我国有用的东西，以推动我国非金属矿事业的发展。同时，希望有关单位及有关专家、教授、工程技术人员进行充分的准备，尤其要准备有一定水平的论文，届时向大会做出贡献，有少部分同志还要直接参加会议的筹备工作及许多具体工作，希望有关单位大力支持，为把第二届世界非金属矿物会议开好，为推动我国非金属矿事业的发展，为祖国的“四化”大业做出应有的贡献。

南斯拉夫工业矿物述评

B·维康杰克(VAKATAC)*

发展概况

南斯拉夫开发和利用各种工业矿物已有很长历史,然而大量地生产和使用这些矿物仅仅是在上世纪末、本世纪初才开始的。

当时,人们的注意力主要是集中在一些建筑材料上,对其他非金属矿物的充分开发和利用始于第一次和第二次世界大战之间的那段时期。这些非金属矿物有:重晶石、膨润土、长石、温石棉、高岭土、陶瓷土和耐火粘土、石英原料、菱镁矿、玻璃及型砂。对这些工业矿物的开发促进了矿物初步加工能力的增长;这就标志着南斯拉夫非金属工业的诞生。

第二次世界大战后,南斯拉夫开始进入到一个工业生产大发展的时期。非金属矿物和建筑材料的生产量也大大增加。对资源的系统的开发和利用,不但导致了一系列新的工业矿床被发现,而且已被开采出的原料的储备量也不断增加。这就可以不断地对原来的加工厂进行改造,而且还能够建造大量生产新产品的新选厂。新产品有:化肥及化工产品,各种陶瓷及玻璃,各种酸性及碱性的耐火材料,石棉及石棉水泥制品,各种电、热、声的绝缘材料,吸附剂和充填料,助熔剂等,以及许许多多的现代建筑材料。

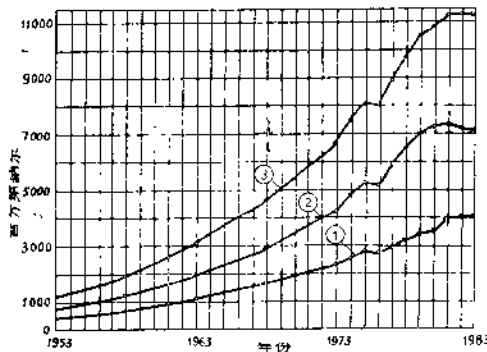


图1.南斯拉夫在1953—1983年期间开采和加工的非金属矿物

①及建筑材料②的经济效果(按1972年的价格计算;1美元=17第纳尔)*;

③非金属矿物+建筑材料。

清楚地说明工业矿物在南斯拉夫的经济发展中还没有得到它应有的地位。

南斯拉夫在1953—1983年期间开采和处理工业矿物的经济效果(非金属矿物和建筑材料的总效果及其各自的部分效果)在图1中示出,图2绘出的是南斯拉夫在同一时期开采和加工的工业矿物在国民生产总值中所占的份额(非金属矿物与建筑材料之和所占的份额及它们各自所占的份额)。

图1表明,南斯拉夫在过去三十年内,其工业矿物作为一个总体的经济效果是连续增长的,而其中建筑材料却占主导地位,为总值的三分之二。图2所示为工业矿物在过去三十年内全国经济发展中实际所占的比重。可以看出,工业矿物在全国国民生产总值中通常只占百分之三(非金属矿物占百分之一、建筑材料占百分之二)。这就清

*地质采矿系教授。南斯拉夫,贝尔格莱德11000,迪克什那7。

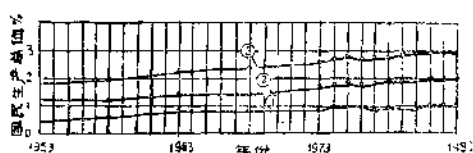


图2. 南斯拉夫在1953—1983年期间开采和加工的非金属矿物

①和建筑材料②在国民生产总值中所占的份额(按1972年价格计算, 1美元 = 17第纳尔)*;
③非金属矿物 + 建筑材料。

根据南斯拉夫当前的生产情况及开采程度将工业矿物分成两大类: (一) 已开采矿物(包括长期性的、阶段性的及准备开采的, 即完全探明了的工业矿床), (二) 未开采矿物(赋存状态未充分探明的及未被探明的)。这两类工业矿物原料均在表1中列出。

表1包括了共六十种不同的工业矿物。这是一些典型的、为人们长期使用并在自然界广泛存在的非金属矿物。没有这些

南斯拉夫工业矿物一览表

表 1

一、已开采原料(长期性的、阶段性的)及准备开采的		二、未开采矿物	
		a)未充分探明的	c)未探明的
1. 球粘土耐水泥	19. 石灰石	1. 明矾石	14. 角闪石型石棉 (Amphibole asbestos)
2. 重晶石	20. 菱铁矿	2. 磷灰石	15. 附玉及金附砂 ⁵
3. 膨润土	21. 云母(白云母)	3. 硼酸盐	16. 金剛石
4. 砖土	22. 矿物颜料 ³	4. 溴	17. 光学方解石
5. 建筑石料	23. 基性岩	5. 石榴石	18. 光学萤石
6. 水泥灰岩	24. 磷酸盐 ³ (亚磷炭岩)	6. 宝石	19. 金云母
7. 白垩	25. 珍珠岩	7. 高铝矿物(红柱石及兰晶石)	20. 钾盐及镁盐
8. 温石棉	26. 白榴火山灰	8. 磷	21. 菱铁矿
9. 饰面石	27. 叶蜡石	9. 天然硫 ⁴	22. 火山灰
10. 硅藻土	28. 石英原料	10. 压电光学石英 (Piezooptic quartz)	23. 火山渣
11. 白云石	29. 橄辉石 ²	11. 火山尘埃	
12. 膨胀粘土	30. 岩盐	12. 陶瓷及玻璃岩 (Rocks for ceramics and glass)	
13. 长石	31. 屋面板岩 ²	13. 蛭石	
14. 萤石 ³	32. 硅砂		
15. 石墨 ²	33. 燧石		
16. 砾石和砂	34. 滑石及皂石		
17. 石膏及硬石膏(Gypsum and Anhydrite)	35. 白铝土矿		
18. 高岭土	36. 硅灰石		
	37. 沸石		

注:

1. 未考虑具有矿物学意义的赋存;
2. 阶段性开采的矿物;
3. 已探明的准备开采的矿物;
4. 用来制造硫酸及其他化合物, 可被黄铁矿和其他铁的硫化物所代替, 效果亦佳;
5. 用铝土矿作基本原料制成的附玉, 可以成功地取代天然附玉。

矿物, 现代大规模的工业生产就无法存在下去。表中没有包括那些对于世界各国来说都很重要的稀有非金属矿物(如水镁石、智利硝石、海绿石、冰晶石、天然苏打、透闪石等), 某些

* 南斯拉夫统计年报X X X I, PP156—157, 联邦统计局, 贝尔格莱德 1984。

金属矿物 (Al、Sb、Be、Cv、Li、Mn、Ti、Zr 及其他) 以及被用作工业原料的泥炭和固态沥青。在南斯拉夫, 上述后两类原料分别被划归到它们各自的分类中, 即分别把它们放在金属矿物和可燃性生物岩这两类中来加以考虑。

从表1可以看出, 南斯拉夫已成功地开采了 (或准备开采) 约三十七种不同的工业矿物 (规模有大有小), 并且大规模地开采和处理十三种新的工业矿物的自然前提实际上也已具备, 只有十种矿物尚未探明。

然而, 在南斯拉夫当前的矿物经济中, 这三十七种工业矿物所起的作用以及其重要性是大不相同的。除了那些仅仅是阶段性开采的矿物 (硅藻土、石墨、屋面板岩及镁橄榄岩) 和那些仍处于开采前准备阶段的矿物 (萤石、磷酸盐、矿物颜料及硅灰石) 之外, 国家对下列原料的生产却很少资助 (尽管这些矿物都有十分充足的原料基地), 这些矿物是: 膨胀粘土、温石棉、岩盐、高岭土、云母 (白云母)、滑石、皂石及沸石。

所以, 在南斯拉夫三十七种可以利用的工业矿物中, 目前工业上最大限度地利用了如下二十二种: (1) 球粘土耐火泥 (Ball and fire clays), (2) 重晶石; (3) 膨润土; (4) 砖土; (5) 建筑石料; (6) 水泥灰岩; (7) 白垩; (8) 饰面石; (9) 白云石; 长石; (11) 砾石和砂; (12) 石膏及硬石膏; (13) 石灰石; (14) 菱镁矿; (15) 基性岩 (Pentlurgical Rocks); (16) 珍珠岩; (17) 火山灰; (18) 叶蜡石; (19) 石英原料; (20) 硅砂; (21) 燧石; (22) 白铝土矿。上述工业矿物产品主要是用来满足国内工业生产的需要, 至于其他一些必需的工业矿物, 有的完全由国外进口, 有的是进口一定数量来补充国内生产的不足。

从地质方面的情况来看, 就南斯拉夫非金属原料基地及已达到的发展水平而言, 总的趋势是好的, 但还有如下一些问题:

——相当数量的非金属原料还未能从地质方面彻底探明, 从技术方面进行研究, 开采的资金也未得到保障。各种非金属产品的生产与其各自的原料来源比较起来, 无论是从范围上还是从种类上来说都是很落后的。

——开采规模通常是小的。由于在开采和初步加工过程中, 矿物的损失严重, 这就势必加速已探明的以及计划开采的资源的消耗。

——用户未能最大限度地利用国内原料, 而去进口那些在国内可以得到的或可由广泛分布的其他原料来代替的原料。

——“工艺技术必须尽可能与国内原料相适应”的原则未能得到经常性地贯彻执行, 从而导致了容许为满足工艺技术的需要而进口所谓“急需的”原料以适应已成熟的工艺技术这种现象的出现。

成 矿 描 述

南斯拉夫国土占全世界陆地面积的0.17%, 幅员虽不算辽阔, 但其地壳却包含着各种各样的地质构造单元, 复杂的构造岩相以及为数众多的工业矿床。在南斯拉夫国土上, 下列区域大地构造单元彼此相连: 阿尔卑斯山脉、迪纳拉造山带、喀尔巴阡—巴尔干造山带, 和塞尔维亚—马其顿地槽, 另外还有潘诺尼亚、达斯坦和亚得里亚盆地 (图3), 上述所有的大地构

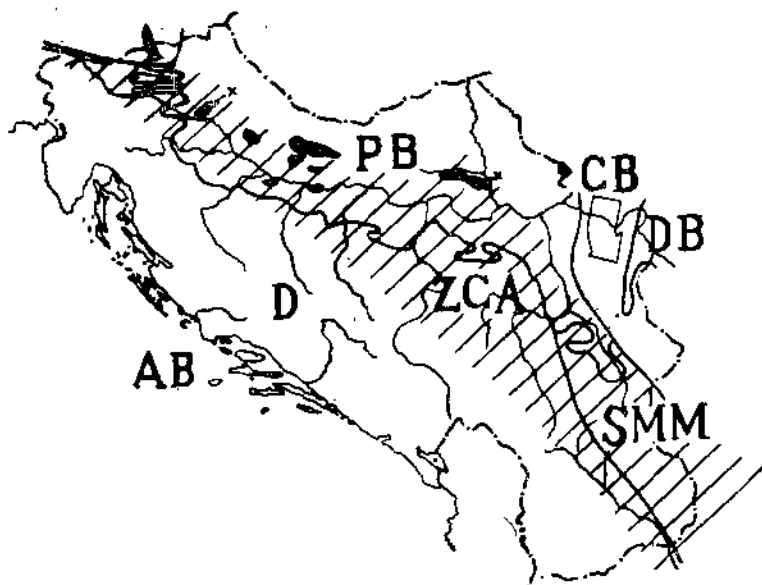


图3. 南斯拉夫主要成矿单位

A—阿尔卑斯区，D—迪纳尔造山带，CB—喀尔巴阡-巴尔干造山带（塞尔维亚地区东部），SMM—塞尔维亚-马斯顿地块，ZCA—新生代自治活化区，PB—潘诺尼亚盆地（X—潘诺尼亚 Horst山区），DB—达斯盆地，AB—亚得里亚盆地。

造单元都越出了南斯拉夫边界，一直延伸到邻国境内。这些单元各有其地质发展、构造运动及成矿作用的历史。

除了上述的各具成矿特性的大地构造单元之外，发生于新生代的地质作用过程对南斯拉夫许多重要的工业矿物形成和分布也起着重要作用。这些地质过程有：（1）发生于新生代新阿尔卑斯（Neoalpine）自治活化作用和（2）伴随有第四纪陆相沉积物的地质过程。在陆相沉积物尤其是河流相沉积物和风积物中，富集着大量的可用于建筑的物料，如砾石、砂、各种制砖原料、膨胀粘土等。

新生代自发活化区一直向巴尔干半岛中部延伸，成对角线地穿过全部主要的大地构造单位。根据A·格鲁比兹(A·Grubic) 1974年的论述，这一区域的特点是：第三纪成矿——侵入和火山岩浆作用成矿，特别是晚第三纪湖相磨拉石堆积以及强烈的新构造运动，这种运动引起大地块的显著上升褶皱（可达2公里）和下沉（达2公里），大地块又受到新的和复原的老断层的制约。由于这个活化区域的历史不长（产生于阿尔卑斯期构造旋回的最后，所以从本质上说，不能将它合并到它所穿过的任何老的大地构造单位中去，它代表着南斯拉夫的一个独立的成矿单元（B·Vakanjac, D·Milovanovic—1973; B·Vakanjac—1982 a）。

到现在为止，南斯拉夫已经发现了三千多个矿床，然而实际上被开采的只有700个左右，（非金属矿床约1500个，为满足各种建筑方面需要而开采的矿床约550个）。在各个大地构造单元中，这些矿床的形成与原有的各种岩浆，沉积及变质含矿建造具有共生关系，而那些建造形成于过去——某个大地构造旋回——如前贝加尔、贝加尔、加里东—海西、海西、基米里及阿尔卑斯等构造旋回，（A·Grubic, K·Romic—1982）。

因此,南斯拉夫的工业矿床按照地域分布分成以下八个成矿区:(1)阿尔卑斯造山带,(2)第纳拉造山带,(3)喀尔巴阡—贝加尔造山带,(4)塞尔维亚—马其顿地块,(5)新生代自活化带,(6)潘诺尼亚盆地,(7)达斯盆地,(8)亚得里亚盆地。矿床形成于如下六个成矿时期:(1)前贝加尔期,(2)贝加尔期,(3)加里东—海西期,(4)海西期,(5)基米里期,(6)阿尔卑斯期。

一、阿尔卑斯造山带

阿尔卑斯造山带,位于斯洛文尼亚北部,阿尔卑斯山脉东段,占南斯拉夫国土的一小部分。这里,具有伟晶岩类和大理石产出的加里东—海西期的变质岩层分布最广,其次是含有灰岩和白云岩矿床(大部分形成于三叠纪)的基米里期海相碳酸盐岩建造。

二、迪纳拉造山带区

迪纳拉造山带区位于南斯拉夫西南部,地域辽阔,往南一直延伸到阿尔巴尼亚阿尔巴尼亚造山带和希腊海伦造山带,第纳拉造山带的大地构造岩相包括佩拉哥地块,迪纳拉带的变质核,海伦带和伐尔达尔区域,迪纳拉与塞尔维亚—马其顿之间的区域。迪纳拉的地质构造及成矿作用都非常复杂,其中分布着大量的前贝加尔、贝加尔、加里东—海西、海西、基米里和阿尔卑斯期的含矿建造,各种工业矿床与这些含矿建造具有共生关系或成因联系。

与前贝加尔期和贝加尔时期有关的工业矿床仅存在于马其顿的佩拉哥带中,大量的伟晶岩脉与前贝加尔期构造运动有关,同时也与两种饰面石矿床(花岗闪长岩—Kukol和黑云母片麻岩—Drenovoci)有关。另外,潜在的重晶石矿床(Solunska Glava的重晶石和含重晶石的页岩)、石榴石—铁铝石榴石和兰晶石矿床以及陶瓷与玻璃用岩(Kocks for ceramic and glass)也都有所发现。大量的白云岩(白云石大理岩)和饰面石(白云石—方解石大理岩)及红宝石刚玉(在白云石大理岩中)的产出与贝加尔期的造山运动有关。

大量的饰面石(马其顿西部、塞尔维亚西部及Sumadija的优质饰面大理石)矿床以及石英岩、方解石、白云石大理岩及滑石(马其顿Izvor的滑石片麻岩矿床)矿床与加里东—海西期的古生物变质岩共生。

下列具有重要经济价值的非金属原料富集于海西期,(1)重晶石——大量的热液、沉积(火山沉积)矿床产于斯洛文尼亚、克罗地亚,特别是波斯尼亚的晚古生代陆相及陆相—碳酸盐岩建造中;(2)石膏——大量的后生沉积矿床与三叠系硫酸盐(硬石膏)建造共生,这种建造明显地广泛分布于迪纳拉造山带的外部和中部;(3)屋面板岩——产于迪纳拉造山带(塞尔维亚西部,波斯尼亚及斯洛文尼亚东部)内的上古生界(石炭系)变质岩中;(4)石英——大量的热液石英脉不仅存在于二叠系、三叠系的石英砂岩—胶合石英岩中(中部的Podrasnica矿床及波斯尼亚的Vlasenica矿床),而且还存在于波斯尼亚片麻岩山区的上古生界岩层中;(5)叶蜡石——如Herzegovina的上古生界叶蜡石板岩(Parsovic矿床)。已知还有下列潜在的新矿床及新原料:形成于石炭纪的火山沉积页岩(波斯尼亚西北部的Vidrenjak)与二叠

纪石膏—硬石膏岩层共生的岩盐（波斯尼亚西北部的Majkic Japra）；二叠纪的石英砾岩（斯洛文尼亚的Tržič附近）；热液石英脉及重晶石矿床中的压电光学石英以及上石炭统一、二叠系沉积褐铁矿中的矿物颜料（氧化铁及铁锰氧化物）。

下列工业矿物矿床与基米里含矿建造共生：（1）重晶石——热液及火山沉积矿床，通常与中三叠世的基性岩浆岩共生（波斯尼亚的Veovaca, 塞尔维亚的Bobija等）；（2）白铝土矿——位于Mon tenegro及波斯尼亚, 存在于白垩纪碳酸盐建造中；（3）膨润土——产于中三叠统（门的哥罗）和侏罗系（Dalmatia）火山—沉积建造中；（4）水泥灰岩——主要存在于白垩纪复理石建造中；（5）白云岩及石灰岩——大量存在于中生代碳酸盐建造中，然而开采得最多的是三叠系碳酸盐岩；（6）石膏及硬石膏——硬石膏—石膏滑塌岩块段存在于 šumadija 伐尔达尔风区的侏罗系辉绿岩—燧石建造中（Lipnica矿床）；温石棉——存在于马其顿伐尔达尔风区的侏罗系超铁镁质岩中，是在与侏罗纪酸性岩浆活动有关的热液作用下形成的；（8）高岭土——斯洛文尼亚黑山伊利石粘土由中三叠统热液交代而成；（9）屋面板岩——存在于马其顿西部的三叠纪及白垩纪变质复理建造和伐尔达尔风区的上白垩统变质建造中（Krnino）；（10）硅砂——存在于迪纳拉造山带外部的下白垩统碳酸盐建造中，是一种砂和石英砂岩矿床（Istra, Vis, Brač）；（11）石英——是一种含有石英—玉髓成分的燧石矿床，存在于三叠纪（Dolenjsko的Tersovec）和侏罗纪的火山—沉积建造中；（12）菱镁矿与绿玉髓——存在于塞尔维亚侏罗纪超铁镁岩经过白垩纪—晚第三纪的风化作用后的残余体中；（13）白榴火山灰—玻屑状凝灰岩——存在于（Dalmadinska Zagora的中三叠统火山—沉积建造中（Zelovo）；（14）镁橄榄岩及纯橄榄岩——存在于三叠纪辉长岩—橄辉岩建造中（塞尔维亚的Medvedce和Poljane）；（15）硬质岩——存在于侏罗纪辉绿岩—细碧岩建造中；（16）滑石——存在于马其顿伐尔达尔风区脱玻超基性岩（Gališhte矿床）和脱玻白云岩中（Kesendre矿床）；建筑石料——主要是利用各个地质时期的碳酸盐岩及三叠纪和侏罗纪的基性岩浆岩；（17）饰面石——主要是利用装饰性能高的三叠纪、侏罗纪和白垩纪的石灰岩和白云岩，以及Herzegovina的侏罗纪辉长岩（Jablanica矿床）。

在阿尔卑斯期的第三纪, 有下列较为重要的沉积矿床形成：水泥灰岩（老第三纪和新第三纪），石膏及硬石膏（马其顿西部Debar附近的后白垩纪的挤入构造岩干），球粘土耐火泥（产于新生期湖成盆地），白垩（新生期湖成泥质变质石灰石），建筑石料及饰面石（古生及新生期碳酸盐岩）。在塞尔维亚各个湖成盆地的底部沉积物中，还发现有碎屑状的（再沉积的）无定形菱镁矿，数量上前景可观。下列具有经济价值的工业矿物富集于第四系：大量的重晶石及球粘土耐火泥的残余物（仅Istria），热液结晶石膏（马其顿的Deber矿床），冰川相白垩（斯洛文尼亚），兰晶石及石榴石—铁铝榴石冲积物（马其顿），砖土以及许多地方的砾石和砂。

三、喀尔巴阡—巴尔干带

喀尔巴阡—巴尔干带包括塞尔维亚西部地区。该造山带代表着从罗马尼亚延伸到南斯拉夫的阿尔卑斯造山带的北支，向东南方向，它经过保加利亚地块的中部。塞尔维亚西部的地

质构造异常复杂，其地层主要是前寒武纪、里非寒武纪及古生代的结晶片麻岩，其次是晚古生代、中生代及新生代的沉积岩层、海西期的花岗岩类、侏罗纪的辉长岩—橄榄岩，以及伴随有火山—沉积建造的上白垩纪—老第三纪安山岩的杂岩。

塞尔维亚东部最具有经济价值的工业矿物都形成于海西、基米里及阿尔卑斯成矿时期。在这个成矿期之前，只有石英岩和大理岩形成（主要存在于阿尔卑斯结晶杂岩中）。

大量的热液石英脉（存在于海西期花岗岩和其周围的绿色结晶杂岩中），重晶石—萤石—硫化物矿脉（存在于Gornjani花岗岩地块周围的结晶片麻岩中）以及无定形石墨的变质沉积物（存在于含碳石英片岩中）。Knjaževac附近的海西期花岗岩（Ravno Bučje）和二叠纪的砂岩在许多地方都被用作饰面石。

有下列较为重要的基米里期的矿床：（1）含有优质硅砂的下三叠统（Krepoljin附近）和里阿斯统（Bor附近）的石英砂岩；（2）里阿斯统变质球粘土耐火泥（Dimitrovgrad的硬质粘土）；（3）侏罗纪和白垩纪灰岩（Kučevo, Despotovac, Bor和Niš附近，主要用来生产石灰，而其它矿床特别是Golubac周围Danube右岸的石灰岩则是用作建筑石料及作其他用途）；苏瓦山提通—凡兰岭石灰岩中的白方解石热液矿脉（Čeliče）；（5）上白垩安山岩（timocite一部分用作建筑石料，而Bor铜矿床的热液蚀变产物能使人们从浮选尾矿中获得高岭石精矿）；（6）在东塞尔维亚碳酸盐矿带的西部，存在着潜在的高品位的三叠系白云石，在Homoljekučaj地区和Rtanjski，存在着上保罗统白云石。

阿尔卑斯成矿期的膨润土矿床（Zupanje, Bogovino及Svrljig附近）及湖相白垩矿床（Niška Kamenica）是在晚第三纪湖盆中形成的，另外球粘土耐火泥、水泥灰岩和硅砂这些潜在的工业矿物矿床也是这样形成的，砾石、砂和砖土是第四纪最重要的矿物。

四、塞尔维亚—马其顿地块

塞尔维亚—马其顿地块位于迪纳拉造山带与喀尔巴阡—巴尔干造山带之间，包括整个巴尔干半岛之最古老的结晶岩地区。其西北部为晚第三纪和第四纪潘诺尼亚盆地沉积物所覆盖；往东南方向一直延伸到保加利亚（Rhodope）和希腊，塞尔维亚—马其顿地块主要是由前寒武纪、里非—寒武纪及下古生代的结晶片岩组成，同时还有贝加尔、加里东—海西和海西期的花岗岩杂岩体。

塞尔维亚—马其顿地块中的非金属原料矿产形成于前贝加尔期、贝加尔期、加里东—海西期及海西期等成矿期。

与前贝加尔期变质建造共生的有白云质大理岩（Straževica, Berilje）、方解石大理岩（Vidojevica）及石英岩矿床，另外还有磷灰石（Prokuplje附近žitni Potok的菱锰矿—磷灰石变质共生体）和石榴石（许多地方是铁铝石榴石）赋存。

大型的钠长石矿床（Hamazali）与贝加尔期花岗岩体共生（马其顿东南部的Orgražden），其周围还有变质岩、石英岩及红柱石矿床。

最重要的加里东—海西期矿床存在于Bosilegrad附近、塞尔维亚东南部的古生代结晶片岩中：主要是奥陶纪变质磷块岩（本区广泛分布），其次是石英岩热液—气成成因的结晶石

墨赋存 (Donja Ljubata), 在马其顿东南部方解石大理岩矿床 (Strumica附近的 Memesli 矿床) 被开采用来生产碳酸盐填料。

在海西期, 伴随着花岗岩作用形成大量的伟晶岩矿床 (Prokuplje 和 Bujanovac 附近), 主要矿物有: 钾—钠长石、石英、白云母、少量的结晶石墨、陶瓷及玻璃用岩 (Bujanovac 的白色花岗岩) 和石英及压电光学石英的热液矿脉。另外, 马其顿东部的石英岩 (Sinkovica 的变质砂岩) 已被用来生产优质硅砂。

五、新生代自治活化带

新生代自治活化带穿过塞尔维亚—马其顿地块, 是内迪纳拉造山带和潘诺尼亚盆地南沿的一部分, 其北部和西北部边缘为第四纪沉积物所覆盖。但是有人认为位于南斯拉夫境内阿尔卑斯山脉的 Pohorje 的英闪岩岩体也是在新阿尔卑斯自治活化作用期形成的。该活化地区向南和西南方向一直延伸到希腊和保加利亚。

在新生代自治活化带内蕴藏着大量经济价值高的非金属原料矿床。在巴尔干半岛渐新世末期发生构造岩浆活化, 并在整个晚第三纪内各种不同的多次构造岩浆活化, 这些非金属矿床就是构造—岩浆活化的产物。同时还形成了许多沉积盆地, 这些盆地同样含具有经济价值的火山—沉积含矿建造。新生代自治活化区中的内生及内—外生矿床与多阶段火山岩和花岗岩侵入杂岩有成因联系。这种岩浆作用在渐新世—中新世特别活跃, 到上新世就逐渐减弱, 结束于第四纪初。然而, 外生矿床的形成是与潘诺尼亚盆地的沉积过程同时并交替进行的。因此, 该活化带的晚第三纪外生非金属原料矿床是放在潘诺尼亚盆地的外生矿床一起加以考虑的。对于风化壳矿床, 在其主要形成期间, 构造条件 (可能还有热液条件) 起着重要作用, 因此把它单独考虑 (这种风化壳矿床主要有 Motajica, Cer, Bukulja 和马其顿东部花岗岩岩体的风化层中的高岭土及碱性高岭土残余矿床, 还有塞尔维亚侏罗纪超铁镁质岩在晚第三纪遭受风化渗滤的菱镁矿)。

内生工业矿物包括: (1) 为数众多的大块岩浆侵入岩 (花岗岩、花岗闪长岩和英闪岩) 及火山岩 (英安岩、安山岩、安粗岩、粗面岩、安山—玄武岩和玄武岩), 这些主要是被用作建筑石料 (只有斯诺文尼亚 Pohorje 的英闪岩和塞尔维亚 Novi Pazar 的安山岩熔岩被用作饰面石), 另外还有喷出的火山玻璃—珍珠岩 (马其顿南部 Gradešnica 矿床); (2) 塞尔维亚 Kopaonik 的硅灰石砂卡岩矿床 (Jaram Duboka); (3) 下列矿物的热液矿床: 萤石 (塞尔维亚西部的 Ravnica 和 Kopaonik), 埃洛石 (塞尔维亚的 Kosovo 及马其顿南部), 高岭土 (波斯尼亚的 Bratunac, 塞尔维亚和马其顿也有大量蕴藏), 石英 (Šumadija 及其它许多地方的大量石英矿脉), 白榴火山灰—不纯蛋白石 (马其顿东部), 燧石 (Kratovo 附近的二次石英岩矿床), 温石棉 (Bosansko, Petrovo, Selo, Korlaće Stragari), 菱镁矿 (大量矿脉), 滑石和皂石, 这两种矿物与侏罗纪辉长岩—橄辉岩岩层的超铁镁质岩共生, 同样, 不但发现有自然硫 (Kratovo—Zletovo 火山地区的不纯蛋白石和含硫二次石英岩), 而且明矾石 (塞尔维亚和马其顿), 重晶石 (以及塞尔维亚西部的萤石) 及宝石 (紫晶、玛瑙、蛋白石及碧玉) 也有发现。

火山—沉积过程 (和热液—沉积过程) 在许多晚第三纪盆地中都存在。这些盆地形成了

许多含矿建造，如膨润土、硅藻岩、白云石（石英—玉髓、水石英）、菱镁矿、白榴火山灰（玻屑状凝灰岩）和沸石等含矿建造，在第四纪盆地中有饰面石（石灰华，缟玛瑙大理岩），同时还有硼酸盐（塞尔维亚的haulite和Searlesite）和浮岩沉积（马其顿南部），这些矿床目前正在开采。

六、潘诺尼亚盆地

潘诺尼亚盆地是阿尔卑斯、迪纳拉、喀尔巴阡造山带和塞尔维亚—马其顿地块之间的一个中间凹陷，其南部伸入南斯拉夫境内。该盆地的形成是由于强烈的新阿尔卑斯分离构造运动的结果。从晚第三纪开始以来，它成为古地中海的南缘，随着周期性的构造运动，在广大地区形成了许多大大小小的山间坳陷，它们以潘诺尼亚海湾或分离的湖泊的形式分布在下沉的古老大地单元上。

在晚第三纪，潘诺尼亚盆地的发展以多阶段构造运动和快速沉积为特征。一般可由沉积物反映出来：早、中新世为海相，晚中新世和早上新世为海相—半海相，中、上二新世为湖泊相沉积。第四纪堆积了较厚（100—400米）的河流相和风成相的盖层，它们覆盖了大部分晚第三纪的沉积物。从地质构造和成矿的角度来看，必须把潘诺尼亚盆地区分为：a)前晚第三纪的基地，b)晚第三纪沉积物，c)第四纪盖层。

a)前晚第三纪基地仅在地垒山上有出露，山体的组成主要包括加里东—海西期结晶片岩（仅在Vršačko Brdo有前贝加尔和贝加尔变质岩出露），其次是基米里期海相碳酸盐岩建造和陆源碳酸盐岩建造，还有小规模的海西期花岗岩和侏罗纪超铁镁岩（Fruška Gora）和辉绿岩。在地垒山已发现下列工业矿物矿床：(1)三叠系白云岩，(2)志留系副变质岩中的无定形石墨（在Psunj和Papuk），(3)三叠系和白垩系灰岩，(4)基性岩（侏罗系辉绿岩Kalvik和Papuk），(5)建筑石料（片麻岩、闪岩、花岗岩、辉绿岩、白云岩和灰岩），同时还发现有经济价值不太高的伟晶岩矿床和石英原料矿床（石英岩和热液石英脉）。

b)晚第三纪（中新世和上新世）沉积物出露于地垒山周围，潘诺尼亚盆地南缘和山间坳陷周围。这些地方藏着大量经济价值高的非金属原料矿床：(1)水泥灰岩，(2)膨胀粘土，(3)岩盐（波斯尼亚东北部的Tušum和Tetima），(4)球粘土耐火泥（常与煤共生），(5)灰岩（主要用来生产石灰和填料及作其他工业用料），(6)硅砂，(7)砖土，(8)矿物颜料（氧化铁和铁锰氧化物—与波斯尼亚西北部Tomašca, Omarska的沉积物褐铁矿有成因联系），含高岭土的长石矿床也有发现（Banat东南的Mesići），另外，Vojvodina油气矿床的地下水中的碘也越来越多地富集起来，但这些原料还未被利用。

c)与第四纪盖层有成因联系的不但有砾石和砂，特别是石英砾石（用作石英原料）、轻膨土及其它陶瓷建筑材料，而且还有砂状—游泥状—粘土状沉积物，这种沉积物为制砖业提供了巨大的原料基地。

七、达斯盆地

达斯盆地包括了南斯拉夫最东端的那一小部分。在塞尔维亚东部古地中海的Timoc湾沉积了晚第三纪海相陆源碳酸盐和湖相陆源建造。硅砂、球粘土耐火泥及石灰石矿床产在中新

世海相沉积物中,砾石和砂及砖土矿床产在晚第三纪湖相地层和第四纪地层中。

八、亚得里亚盆地

亚得里亚海是古特提斯海的残留海,海水的含盐度西北为3.3%,东南为3.8%。具有这样高的含盐度的海水可用来生产海盐,如Piran附近Nin.ston和Ulcinj附近以及Pag岛的几个盐场。在亚得里亚海海岸地区有大量的砾砂近代沉积矿床形成。

南斯拉夫境内各成矿时期的矿种如表2。

南斯拉夫各个成矿时期的产物

表 2

成矿时期	持续期	绝对年龄 (百万年)	工 业 矿 物
阿尔卑斯期 —第四纪	P ₉ —Q Q	87—0 2—0	球粘土耐火泥,重晶石,砖土,白垩,结晶石膏,饰面料(石灰华、玛瑙),石榴石(铁铝榴石),砾砂,兰晶石,海成盐,石英原料(硅砾石和中砾)。
第三纪	P ₉ —N ₉	87—2	明矾石,球粘土耐火泥,重晶石,膨润石,硼酸盐,砖土,建筑石料(侵入岩和喷出岩),水泥灰岩,白垩,温石棉,饰面石(英闪岩、安山岩),硅藻岩,白云石,膨胀粘土,萤石,宝石(紫晶、玛瑙、蛋白石),石膏和硬石膏,碘,高岭土(及埃洛石,石灰石,菱镁石,矿物颜料(氧化铁颜料),自然硫,硅华基性岩(玄武岩),白榴火山灰(玻璃状凝灰岩,不纯蛋白石),浮岩沉积,石英原料(脉状石英、水石英岩),陶瓷和玻璃用岩(碱性高岭土、长石砂岩),岩盐,燧石,硅砂,滑石和皂石,蛭石,硅灰石,沸石。
启莫里期	T ₁ —K ₂	230—87	重晶石,膨润土,建筑石料(碳酸盐岩,基性岩类岩),水泥灰岩,温石棉,饰面料(石灰石、白云石、辉长岩),白云石,硬质粘土,宝石(绿玉髓),石膏及硬石膏,高岭土(伊利石粘土),石灰石(和脉状白方解石),菱镁矿,基性岩(辉绿岩),石榴火山灰(玻璃状凝灰岩),石英原料(燧石),镁橄榄岩(纯橄榄岩),屋面板岩,硅砂(砂及砂岩),滑石,白铝土矿。
海西(晚)期	C ₃ —P ₃	300—230	重晶石,饰面料(花岗岩、砂岩),萤石,石墨,石膏及硬石膏,矿物颜料(氧化铁颜料),伟晶岩(钾—钠长石、石英、白云母),压电光学石英,叶蜡石,石英原料(脉状石英、砂岩、石英岩),陶瓷及玻璃用岩(白色花岗岩),岩盐,屋面板岩,硅砂,石英砂岩。
加里东—海西期	E ₃ —P ₃	530—300	建筑面料(角闪岩),结晶白云石,结晶石灰石,饰面石(大理岩),石墨,变质磷块岩,似伟晶岩(钾—钠长石、石英、白云母),石英原料(石英岩、脉状石英),滑石(滑石板岩)。
贝加尔期	R ₃ —E ₃	1000—530	红柱石,建筑石料(片麻岩),饰面石(大理岩),白云石(白云大理岩),宝石(红宝、石髓玉),石英岩(硅石),钠长石。
前贝加尔期	Pt—R ₃	?—1000	磷灰石,重晶石,建筑石料(大理岩),饰面石(片麻岩、花岗闪长岩),石榴石(铁铝榴石),兰晶石,伟晶岩(钾—钠长石、石英、白云母),石英岩(硅石),陶瓷及玻璃用岩(微斜长石交代岩)。

发 展 前 景

南斯拉夫确实存在进一步扩大整个非金属原料基地的非常有利的自然条件。不但已开采的工业矿物,而且大量未开采的工业矿物的开发前景都是相当可观的。

对从目前已开采(长期性的、阶段性的和准备开采的)的非金属原料中发现的新的具有经济价值的富集产品的远景评价由表3给出,表4列出的是未开采的工业矿物(未充分探明和未

已开采原料的远景评价 表 3
(长期性开采、阶段性开采及准备开采的矿床)

序号	原 料	远 景		
		很好	较好	不好
1	球粘土耐火泥		+	
2	重晶石	+		
3	膨润土		+	
4	砖土	+		
5	建筑石料	+		
6	水泥灰岩	+		
7	白垩	+		
8	温石棉	+		
9	饰面石	+		
10	硅藻岩		+	
11	白云石	+		
12	膨胀粘土	+		
13	长石	+		
14	萤石		+	
15	石墨			+
16	砾和砂	+		
17	石膏及硬石膏	+		
18	高岭土		+	
19	石灰石	+		
20	菱镁矿		+	
21	云母(白云母)		+	
22	矿物颜料	+		
23	基性岩	+		
24	磷酸盐(变质磷块岩)		+	
25	硅华		+	
26	白榴火山灰	+		
27	叶蜡石		+	
28	石英原料	+		
29	橄榄岩	+		
30	岩盐		+	
31	屋面板岩	+		
32	硅砂	+		
33	燧石		+	
34	滑石及皂石		+	
35	白铝土矿		+	
36	硅灰石		+	
37	沸石	+		

开采原料的远景评价 表 4

序号	原	料	远			景
			很好	较好	不好	
a)未充分探明的						
1	明矾石			+		
2	磷灰石			+		
3	硼酸盐			+		
4	溴		+			
5	石榴石		+			
6	宝石			+		
7	高铝矿物(红柱石及兰晶石)		+			
8	碘			+		
9	自然硫				+	
10	压电光学石英			+		
11	浮岩沉积				+	
12	陶瓷及玻璃用岩		+			
13	蛭石				+	
b)未确定的						
14	角闪石				+	
15	刚玉				+	
16	金刚石				+	
17	光学方解石				+	
18	光学萤石				+	
19	金云母				+	
20	钾镁盐				+	
21	菱锆矿及天青石				+	
22	火山灰				+	
23	火山渣状岩				+	
总计:			4	6	13	

探明的)的远景评价,这些评价是根据南斯拉夫工业矿物的建造和成矿分析得出的(B. Vakanjac, 1972, 1982; B. Vakanjac和D. Milovanovic 1973)。

从表3可以明显看出,在37种已开采的非金属原料中,21种是大有扩大原料基地的潜力的,15种的前景也不错,只有一种(石墨)的前景不佳。

表4说明,在23种未开采的工业矿物中,具有很好和较好发展前景的有10种;至于另外的13种,找到具有经济价值的矿体的可能不大(或根本没有,如金刚石、火山灰)。

因此,在南斯拉夫境内迄今所知的50种非金属原料中,46种原料的开发潜力是令人满