

俞开基 刘 钰 梁珍庭

泰国锡矿，久负盛名。我们于去年六月赴泰考察锡矿，身临其境，深感泰国锡矿资源十分丰富，有其独特的地质条件，加之政府重视锡矿业发展，引进外资和先进的科学技术，锡生产已名列前茅，仅次于马来西亚，居世界第二位，1980年实际生产锡精矿46598吨。锡矿地质科研方面亦有其特色，对锡矿床的形成条件及找矿标志研究比较详细，在探讨锡矿床与板块构造之间关系方面正在深入。政府为促进锡矿业长远发展，还采取了一些战略性措施，诸如：内陆部分，建设条件困难的泰西北山区，对外开放，鼓励办矿；海滨部分，组织向大陆架深水区域调查勘探。已有初步调查信息表明，泰国尚蕴藏着十分丰富的潜在锡储量。现就实际考察所获，初步归纳泰国锡矿的若干成矿地质特征，供研究借鉴参考。

泰国地质构造轮廓

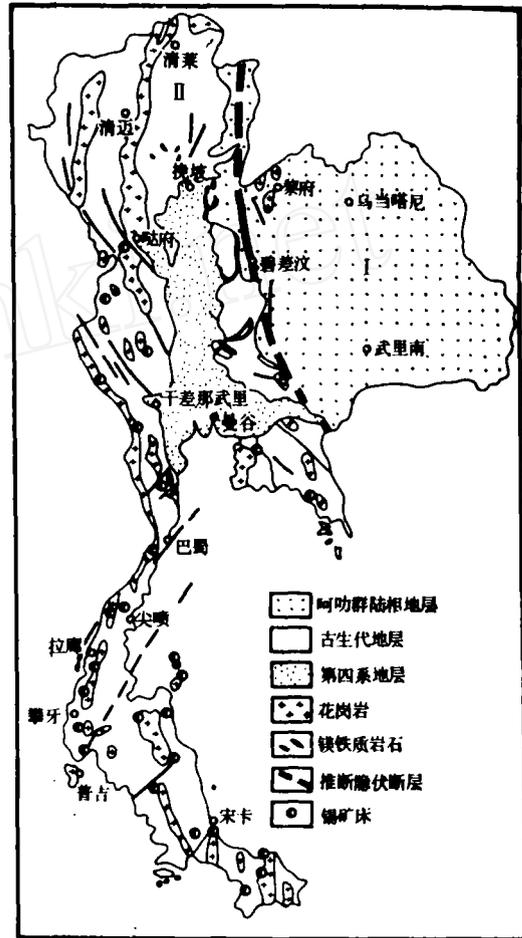
泰国土地面积518000平方公里，南北方向最大长度1650公里，东西方向最大宽度770公里。全国分为五个地文区：西北山地、东北呵叻高原、湄南中央平原、南部半岛和暹罗湾。

泰国在地质构造上分为两个大单元：东部呵叻高原属印支地块，西部为缅泰马褶皱山系。晚古生代以后，西部上升，东部下降，东西部均发育有中、新生代的山间盆地，中央平原和暹罗湾则是后期下沉的第三纪沉积盆地(见图)。

1. 东部呵叻高原 整个地区由呵叻群(上三迭统一白垩系)非海相地层组成，发育了良好的膏盐建造、含煤建造和富含铜铀矿床的碎屑建造。其基底可能是晚古生代地层，呵叻群为盖层不整合于其上，基底褶皱强烈，盖层倾斜平缓。没有花岗岩类岩石侵入盖层，整个东部呵叻高原未发现锡矿床。

2. 西部缅泰马褶皱山系 缅泰马褶皱山系又

称东缅—西泰—马印支造山带，泰国境内出露长度1650公里，向北延至缅甸和中国云南省境内，



泰国地质构造略图

向南进入马来西亚，为世界著名的东南亚锡矿带的重要组成部分。组成该造山带的岩石，主要是花岗岩和古生代沉积物及其变质岩。矿产以锡、钨为主，还有铋、锌、铅、银、铜、铁、萤石和锰矿等。

该造山带在泰国北部，大致以湄南河为中线，其西岩层向西倒转，其东则向东倒转，从而形成

一个巨大的扇状复背斜。或者说以湄南河为中线，在其东西两侧分别向东和向西呈叠瓦式冲断，而形成从中线向两侧推复的扇状冲断带。沿湄南河中线形成了中央平原和暹罗湾构成的巨大的第三纪沉积盆地。

造山带的西部按断裂性质和矿产特征，又可划分三个部分，北段：指麦拉玛(Mae Ramat)—那空沙旺(Nakhon Sawan)连线以北，为南北向断裂体系，岩层和断裂走向以及花岗岩体的出露长轴均大致呈南北向或略偏北东的弧形，锡矿产普遍与钨伴生，很少有单独的锡矿。中段：为北西向断裂带，其范围北缘是泰国的麦拉玛经那空沙旺、巴真武里(Prachin Buri)至柬埔寨金边；南缘是泰国干差那武里(Kanchana Buri)向东南沿东南海岸延展。在此北西断裂带中锡钨矿点显著减少，而低温的铋、钼矿床有所增加，显示其地质背景的变化。南段：为北东向断裂体系，范围在干差那武里以南，主要在南部半岛，尤以拉廊(Ranong)—普吉(Phuket)之间断裂发育，矿点密集，南部锡矿床含钨较少，甚至不含钨，而以伴生铋钼为特征。

### 泰国锡矿成矿地质特征

1. 锡矿床与花岗岩类侵入体有密切的空间关系，黑云母花岗岩是含锡的矿源岩 泰国锡矿床与花岗岩侵入体有密切的空间关系，最强烈的锡矿化出现在造山带花岗岩活动最强烈的地区，主要是矿脉带可以出现在花岗岩体的尖峰部位，也可以沿花岗岩岩脊的侧翼分布，但最强烈的矿化，则分布在尖峰周围的有限范围。某些地区锡和钨矿物浸染在蚀变花岗岩中，锡石聚集成为可以开采的矿床，即含锡花岗岩型矿床，又称之为蚀变花岗岩中的浸染型锡石矿床，是泰国很重要的锡矿床类型。此外，泰国南部也拉府(Yala)也有一些类似我国云南个旧的小矿山，那里含铅、锌、铜和锡的块状硫化物矿床产于花岗岩和石灰岩的接触带。

含锡石的花岗岩有如下一些特征：

(1) 含锡的蚀变花岗岩多分布在造山区，其产出部位局限在花岗岩岩钟的上部或者靠近围岩

接触带的花岗岩，也可能发生在挥发物能穿入的花岗岩中的软弱带。

(2) 蚀变花岗岩的含锡量比未蚀变的粗粒或斑状花岗岩的平均锡含量高很多。据对全国67个地区的花岗岩进行了锡含量的地球化学分析，得出如下结论：①原始花岗岩的锡含量低，例如角闪石花岗岩，泰国的富含角闪石的花岗岩没有与之共生的锡矿床。②粗粒含锡黑云母花岗岩比原始花岗岩产生较多的锡矿石。③蚀变花岗岩含有显著高的锡量，不但形成原生锡矿床，而且在很多地方找到的砂锡矿是由蚀变花岗岩产生的。

(3) 蚀变花岗岩的结构较细晶岩粗，一般是细粒、中粒到粗粒，不含锡花岗岩的粒度一般是粗到很粗粒，并常出现很大的长石斑晶。蚀变花岗岩的结构与气化作用有关，主要是F、B、H<sub>2</sub>O对老花岗岩作用的结果。因此，斑状黑云母花岗岩转变为细粒白云母—电气石(高岭石)花岗岩，二者之间的渐变现象很显著。

(4) 富锡地区的花岗岩总是遭受了气化作用，花岗岩被气化作用所蚀变。蚀变种类有钠长石化、微斜长石化、电气石化、白云母化、高岭土化及硅化。黑云母花岗岩蚀变后成为电气石—白云母花岗岩、电气石花岗岩或淡色花岗岩。黑云母的量减少到完全消失，电气石、白云母含量增加。

(5) 含锡花岗岩中的浅色矿物比不含锡花岗岩的多。所以，大多数含锡花岗岩是白色或淡灰色，而不含锡花岗岩为深灰色、粉红色及有黑斑块。

(6) 含锡花岗岩的酸性比不含锡花岗岩的高，据45件含锡花岗岩样品平均含石英29.22%，而39件不含锡花岗岩样品平均含石英26.94%。

(7) 含锡花岗岩的形成温度低于600℃，而贫锡花岗岩的形成温度高于600℃(长石温度计)。

(8) 在蚀变花岗岩中锡石呈半自形、它形细粒状浸染或呈锡石囊产出。锡石与电气石紧密集合在一起，可能系同时生成。

(9) 含锡花岗岩中其它副矿物的特征：①含锡花岗岩中的磁铁矿少于贫锡花岗岩；②含锡花

岗岩的独居石 Th 为 3.8%，而贫锡花岗岩的独居石 Th 一般大于 5%；③在所有可能含锰的矿物中，其锰的含量都非常高；④锐钛矿、独居石、锆石、磷钇矿、萤石、黄玉和丝光云母普遍分布；⑤石英、锡石和磷钇矿有很短的柱面，或者没有柱面，可以看到锡石和磷钇矿有扭曲的延长形态。

(10) 蚀变花岗岩中经常可见含锡钨的石英脉、伟晶岩脉、云英岩脉、云母岩脉、细晶岩脉以及石英长石脉等穿入，这些脉岩往往含锡石、黑钨矿(白钨矿)较多，形成独立的矿床。此外，在宋卡府的童卡朋矿山蚀变花岗岩中还发现一种铀矿物，其化学成分是  $\text{Cu}(\text{UO}_2 \cdot \text{PO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ，但量很少，没有经济价值。

2. 锡矿化多期，但以白垩纪—第三纪的超酸性花岗岩矿化最强，主要成矿期为燕山期 东南亚全区是构造运动多旋回、岩浆活动多期、成矿作用多次的地区，泰国锡矿床的形成正是受着这种特定地质环境的影响。据现有资料：花岗岩主要有三期，即晚石炭—二迭纪的花岗岩，同位素年龄为  $272 \pm 14$  百万年。相当于海西期；晚三迭—早侏罗世的花岗岩，同位素年龄为  $190 \pm 7 \sim 236 \pm 14$  百万年，相当于印支期；白垩纪—第三纪花岗岩，同位素年龄为  $107 \pm 5 \sim 120 \pm 5$  百万年，相当于燕山期(以上同位素年龄测定均用铷锶法)。燕山期花岗岩明显地含锡，分布较普遍，泰国大多数锡和钨矿床都与燕山期花岗岩有关，而海西期和印支期花岗岩则只含少量的锡或不含锡，常常成为其它矿产，如萤石、锑、金、铁、铜、铅、锌和重晶石来源。原生的大锡矿床与晚白垩世花岗岩有关，较小的锡矿床产在三迭纪或更老的花岗岩中。从地区分布来说，自东向西花岗岩的时代越来越新，锡矿化也越来越强。正如泰国阿玛钦达(Ponpdor Amachinda)所认为，著名的东南亚锡矿区的原生锡矿，实际上只产在南北向的褶皱带内。在这个地区，锡矿床与彼此近乎平行的弧状花岗岩带密切相关，这些花岗岩带又代表三条不同的锡矿带。如果锡矿化与伴生的花岗岩有成因关系，则可以分出三个成矿期，即东部锡矿带是在晚石炭世到二迭纪形成

的，中部锡矿带是在三迭纪形成的，西部锡矿带是在白垩纪到第三纪形成的。

3. 锡矿带上广泛见到各种类型的含锡石英岩，有利部位是花岗岩岩脊的侧部和岩株的周围与顶端 在整个锡矿带上，普遍见有石英脉、伟晶岩脉、细晶岩脉、云英岩脉、云母岩脉和石英长石脉穿入蚀变花岗岩中，这些岩脉呈脉群、脉带出现，往往含有锡石。脉群的大小和含锡量有很大变化，一些脉群形成工业矿体，虽然都是一些小矿体，但由于矿脉多，分布广，也能构成很有经济价值的矿区。一些脉群的品位很低，没有开采价值，只有在长期风化后可以形成砂锡矿床。这些脉岩类型的锡石矿体多在花岗岩岩脊的侧部出现，特别是在岩株的周围和顶端，并且不会距花岗岩和围岩的接触带很远(表 1)。

4. 砂锡矿广布泰国南北，但受地质地理因素控制明显 泰国砂矿类型主要有残积型、冲积型、冲积残积复合型和海滨砂矿。矿点广布南北，北部砂矿，一般见于花岗岩山脉内的小冲积平原或盆地中，也有小型冲积型砂矿床沿河谷分布，这些砂矿的规模不如南部半岛区的大。在小盆地中，特别是在较老的沉积岩和花岗岩或蚀变花岗岩接触带附近的小盆地中，是形成砂矿床的有利场所。就细部构造来说，在接近基岩部分矿石品位较富。沿山间沟谷形成的冲积型砂矿床仍然以接近基岩的粗砂砾石层的锡石含量最多。纵观陆上锡石的所有次生矿床，均与一邻近的原生来源地共生或靠近花岗岩侵入体的接触带，一般情况下，工业次生矿床均在其原生来源地 1~2 公里范围内发现。

泰国砂锡矿尚有一些特殊情况：古河道或分水岭形成的砂矿床，规模一般都不大，但有例外，有的矿床可延长数公里，宽度不少于 30 米，且矿石很富。在南部半岛，有些地方的可采砂锡矿，由于被氧化铁胶结而成为锡红土层，含锡量可达 0.21%，此类矿床与含有大量硫化铁矿物的热液矿脉紧密共生。有些可采砂锡矿层被假基岩所覆盖。靠近花岗岩构造带的石灰岩地区有冲积锡石矿，矿石常常是沉积在石灰岩的落水洞中。在一些砂锡矿床中，可采层的上部砂质或粘土沉积物

含有较多的炭质和褐煤粘土，其中的泥炭木和花粉经鉴定为第三纪沉积物。

泰国原生锡矿类型特征表

表 1

矿床类型	围岩性质	地质环境	锡矿化特征	伴生矿物	蚀变种类	矿床实例
1. 含锡花岗岩	蚀变花岗岩	花岗岩岩钟的上部或靠近围岩接触带	锡石呈浸染状	白钨矿、锐钛矿、独居石、锆石、磷钇矿、萤石	钠长石化、白云母化、电气石化、钾长石化、硅化、高岭土化	普吉府白山矿区
2. 含锡石英脉	花岗岩、页岩、砂岩、千枚岩、薄层石英岩	与云英岩紧密共生	锡石呈散点及团块、矿囊	黑钨矿、萤石、菱锰矿及硫化物		千差那武里府的比劳克矿区
3. 含锡伟晶岩脉	蚀变花岗岩、片岩、片麻岩、角闪岩	多在岩体的上部及边部	锡石呈黑色，粒径大，可达 2~4 cm	铌铁矿、钽铁矿、铈钇矿、锂云母、锆石、绿柱石等		春蓬府怕托区的北松矿床
4. 含锡少卡岩	花岗岩与石灰岩	花岗岩与石灰岩的接触带	锡石多呈散点状的呈针状、像放射群	磁铁矿、铜铅锌硫化矿物		也拉府的平均约矿区
5. 含锡细晶岩	蚀变花岗岩	有的与伟晶岩脉共生	电气石细晶岩含锡量高	铌铁矿、钽铁矿		拉廊府哈德松潘矿区
6. 含锡云英岩	蚀变花岗岩	常与石英脉共生	一般含锡量高	黄玉、磷灰石		素叻他尼府空斯拉矿床
7. 含锡云母岩	白云母—电气石花岗岩	云英岩继续白云母化的结果	靠近石英脉的云母岩含锡量高	黄玉		洛坤府邦隆矿床
8. 含锡石英长石脉	中粒蚀变花岗岩	常与石英脉共生	锡石呈散点及团块	黑钨矿		宋卡府童波镇矿区

形成砂矿床的主要条件有四，即含锡石矿源岩的存在；强烈的潮湿热带气候的化学风化作用；轻物质被水流移去；有利于锡石富集的封闭地形。值得注意的是在评价砂矿床的工业价值时，一定要全面研究矿床形成的地质条件，尤其是附近可能成为矿源的花岗岩的侵蚀保留程度，同时，工程验证一定要穿过粗砂砾石层，穿过假基岩到达真正的基岩才能停止。否则，会得出错误的评价。

5. 滨外锡矿十分丰富，滨外锡矿床与陆上地质体间存在着总的联系 泰国锡矿生产的一个重要来源是滨外锡矿，目前生产量占全国总产量的一半以上。在泰国南部海域大陆架，尤其是西部安达曼海大陆架有十分丰富的滨外锡矿，这些滨

外锡矿床与陆上地质体间存在着总的联系。海滨砂锡矿包括三个方面的形成条件：（1）近海的被风化出来的锡石，被河流带到海滨地区，然后又被沿岸流搬运并形成平行海岸线的浅水区砂锡矿带。（2）由于海水侵入到有“卡克萨”砂锡矿的准平原区，原来的沉积物发生再沉积而形成富的海滨砂锡矿。（3）滨外矿化花岗岩的原地海蚀产物。将三者统称海滨砂矿是不确切的，后一部分锡矿实质上是含浸染状锡石的蚀变花岗岩被海水淹没部分的氧化层，相当于陆地上的风化壳，面积广，厚度大，成带状分布，适宜于大规模开采，具有良好的可选性，是锡矿增产的主要类型。

区域的滨外地质情况尚未完全弄清，但已有资料说明区域的滨外信息与陆上地质体间存在着

总的联系。陆地上近南北向的花岗岩体伸向海中,其围岩为石炭纪变质沉积岩,有板岩、片岩、石英岩、角闪岩,还有二迭纪石灰岩。对于近岸矿床,部分采矿船的开采实例表明,锡的工业富集往往非常靠近花岗岩,以直接覆盖于花岗岩或花岗岩与沉积岩接触带,呈残积或残余矿床形式赋存。沉积物比较粗,且为次棱角状,并未见有显著距离的搬运,其上覆盖以全新世滨海泥质沉积物,其下伏即为海底,滨海淤泥一般不具锡的显著含量。

对与滨外有联系的陆上花岗岩,采样经西南冶金地质研究所分析和鉴定,其结果如下:

含矿岩石为电气石化白云母化细粒花岗岩,岩石经数次交代蚀变,呈半自形粒状镶嵌结构,能辨别的序次为:石英、微斜长石→斜长石→微斜长石→电气石→白云母。主要矿物的特点是:

石英 含量30~35%,粒度0.6~0.8 mm,他形粒状镶嵌产出,有斑块状集中分布现象,并见有包裹浑圆状长石,石英晶体。

微斜长石 含量10%,粒度1~1.3 mm,他形,粒度较粗,见微斜长石沿裂隙交代斜长石颗粒及包裹斜长石、石英颗粒的现象。

斜长石 含量40%,粒度0.8 mm,为更长石,多呈自形、半自形板状晶体镶嵌产出,双晶发育,并见其沿裂隙交代或包裹石英颗粒。

白云母 含量10%,粒度0.6 mm,叶片或鳞片状,沿裂隙或星散分布,常沿长石、石英、电气石裂隙分布,形成较晚。

电气石 含量3~5%,粒度0.5×1.5 mm,自形长柱状或呈复方三角形,星散分布,颗粒中常包裹有石英颗粒。

锡石 含量0.5%左右,粒度0.3 mm,半自形、他形粒状,与电气石紧密聚合在一起,可能系同时生成。

萤石 少量,粒度0.05 mm,自形粒状,零星分布。

电气石化白云母化细粒花岗岩及穿入其中的锡石—石英—白云母—叶腊石脉光谱分析结果中可以看出伴生元素 Be、Nb、W 含量较高,其他多为常量(表2)。

普吉白山矿花岗岩和脉岩光谱分析结果(%) 表2

元素	电气石化白云母化细粒花岗岩	锡石—石英—白云母—叶腊石脉
Sn	0.04	1
Ag	6 g/t	
Al	6	>10
As	<0.003	<0.003
B	>0.1	0.004
Ba	0.01	<0.01
Be	0.03	0.001
Bi	0.003	
Ca	0.4	1
Co	0.002	<0.001
Cr	0.002	<0.001
Cu	0.01	0.01
Fe	8	<3
Ga	0.01	0.006
Ge	0.0004	0.001
Mg	<1	<1
Mn	0.1	0.2
Mo	<0.0001	<0.0001
Na	<3	0.3
Nb	0.02	0.01
Ni	0.003	0.001
Pb	0.06	0.06
Si	>10	>10
Ti	0.06	0.03
V	0.002	0.003
W	0.02	0.02
Zn	0.02	0.02

6. 锡矿床是以锡石为主的多种有用矿物的组合,矿石建造有分带性 泰国锡矿床的矿石仍然是以锡石为主的多种有用矿物的组合,但不同的地区和不同的类型,矿石建造组合不同。北部多钨锡共生,南部则主要是锡,伴生铌、钽,垂向上个别矿床见有上钨下锡的现象。矿产品就全境来说,除锡石以外,尚有钽铁矿、铌铁矿、钽钼矿、铌钼矿、磷钼矿、黑钨矿、白钨矿、金红石、锆石、独居石、石榴子石等十多种有用矿物,综合利用价值很高。

7. 板块构造与锡矿成因关系 J. Gocssens 认为缅甸半岛锡等金属成矿与中生代时期印度洋板块向东俯冲有关。

Pongpor Amachinda 承袭了 Mitchell 和 Garson (1969, 1972) 提出的观点,认为大陆壳

前寒武纪变质岩是尔后含锡花岗岩活化的条件, 并认为含锡花岗岩有三种构造环境:

- (1) 裂谷及壳层拉张之前就有了内大陆 (Inter—Continent) 环境的高热点及岩浆侵位;
- (2) 在或靠近大陆边缘的俯冲环境 (安第斯或太平洋型);
- (3) 大陆碰撞的岩浆带。

P. Amachinda 认为缅甸马泰半岛经历了四个演化阶段:

- (1) 早古生代大西洋型地槽阶段;
- (2) 大陆断裂谷及缅甸小大陆 (Micro—Continent) 漂移阶段;
- (3) 晚三迭世大陆碰撞阶段;
- (4) 侏罗纪—第三纪西部印度洋板块向东俯冲及后弧 (back—arc) 拉张阶段。

并且认为, 缅甸马泰半岛锡成矿省包括三个平行的成矿带, 各有其不同的成矿构造环境及成矿时间。东部矿带与早于晚石炭世的浅变质带的花岗岩 (epizonal granite) 有关, 沿俯冲消亡带主要部分而活化; 晚三迭世的印支期大陆碰撞造山活动与中部锡矿带相应; 而白垩—第三纪的西部矿带与印度洋板块向东俯冲有关。下部的前寒武纪基底是金属矿的主要来源。

认为前寒武纪陆壳是含锡花岗岩的来源这一论点尚有异议。有人提出, 锡的矿化强度与陆壳

的厚度有正消长关系, 其理由是: “前寒武纪” 混合岩与花岗片麻岩出露地区并无锡矿化迹象, 北纬 21° 以北大量前寒武系出露地区锡氟矿化几乎绝迹, 钨也锐减, 而向南以至马来西亚半岛锡矿密集。从古生界及中下三迭统的大致沉积厚度看, 泰国南部至少在 7000~7500 米以上, 至泰国中部约在 2510~3000 米以上, 北部则更薄。

## 结 语

泰国锡矿带已北延至我国境内, 借鉴泰国锡矿地质特征的研究, 有助于强化我国的锡矿地质勘探工作, 尤其是云南省西部地区更有必要。用地质和地球化学的方法区分出含锡的花岗岩与不含锡的花岗岩, 研究花岗岩体的产状、形态、结构、构造和物质组分, 圈定蚀变范围, 进一步确定工业矿化区是锡矿地质工作中必不可少的方法。在锡异常背景值高的区域, 要注意找寻砂锡矿, 评价砂锡矿的工业价值时, 必须考虑地质条件和地理因素二者的结合, 偏废是有害无益的。滨外锡矿是泰国的特殊类型, 有其成矿条件的特殊性, 但与滨外锡矿相联系的含浸染状锡石花岗岩的研究则具有普遍意义。至于板块构造与锡矿床的成因关系以及锡质来源的探索, 是当前锡矿地质研究中的重大课题, 地质学家普遍感到兴趣, 我们亦有结合我国实际认真进行探讨之必要。



### 小消息

#### 苏联的铬矿资源

苏联的铬矿储量在世界上占第三位, 而开采量占第一位。仅哈萨克斯坦的肯皮尔赛矿区, 平衡表内储量就占全苏铬矿储量的 96.6%, 足以保证黑色、有色冶金以及化工和耐火材料工业的需求。直至不久以前, 苏联工业上利用的都是适合于生产铬铁、金属铬和铬化合物的不需要选矿的富矿。但开采这种埋藏深度很大的矿石, 需要大量的投资。因此, 可供露天开采的、三氧化铬品位 10~30% 的矿石的利用问题, 就越来越显示出重要性。在肯皮尔赛、乌拉尔和苏联东部地区, 这种矿石的储量都十分巨大。此种矿石的选矿流

程已经制定出来, 但由于缺乏选矿设备, 工业上尚未推行。

在第十一个五年计划 (1981~1985) 期间, 预计肯皮尔赛矿区各矿床深部中段的铬铁矿富矿储量将有增长; 旨在查明适合于露天开采的新矿床的找矿工作将继续进行; 改进选矿流程和贫矿工业利用可能性的技术—经济论证方面的研究工作将得到加强。

鲁宁摘译自: Разведка и охрана  
недр, 1981, No. 6