第 23 卷 第 1 期
2001 年 3 月

化 工 矿 产 地 质
GEOLOGY OF CHEMICAL MINERALS

Vol. 23 No. 1
Mar. 2001

云南钛铁矿地质特征及开发探讨

薛步高*

(云南省乡镇企业管理局)

提 要 具有工业开发价值的滇中片钛铁砂矿,系红土型风化壳砂矿床,规模巨大,具近、浅、易、富的开发优点。其含钛铁矿基岩为海西期基性岩。目前仅有初步开发,建有精选厂与钛白粉厂(1000t/a)各一座,但目前仅依靠向农民收购的粗精矿作为原料。建议采用钛-盐结合的开发方案,兴建 5 万 t/a 钛白粉厂(氯化法)和与之配套的金红石厂(7 万 t/a)、烧碱厂(4 万 t/a,副产盐酸),这样可弥补云南现有烧碱产量的不足。

关键词 地质特征 工艺加工性能 开发

云南钛铁矿床,由 3 种类型组成,主要类型为海西期辉长-辉长辉绿岩风化壳红土型砂矿床(滇中与滇南区);次要类型为由其转变的湖滨-河流冲积型砂矿床(滇西区保山);第 3 类型为海西—印支期临沧复式岩体南段二长花岗岩有关的河流冲积型锆英石、独居石、磷钇矿、钛铁矿综合型砂矿床。

滇中与滇南区钛砂矿,产出在禄劝—武定片;昆明西山区—富民片及建水—石屏片(滇南区);滇西区产出在保山与勐海[1]。滇中与滇南区已有不同程度开发,滇西区短期内尚难利用。其中武定西城,禄劝干坝塘,保山板桥,勐海的勐往与勐阿等 5 处已批准上表储量(资源量)759.38 万 t(工业储量 507 万 t),已计算储量(资源量)但尚未批准上表的 20 处矿床(段),共计 1319 万 t,其中禄劝—武定片 1164 万 t;西山—富民片 81 万 t;建水—石屏片 74 万 t。

1 钛砂矿地质特征

1.1 滇中区钛砂矿地质特征

1.1.1 **成矿母岩地质特征** 禄劝-武定海西期辉长-辉绿岩群,其产出受控于晚元古代南北向西昌-安宁河-易门岩石圈大断裂,沿大断裂东西两侧有次级断裂产出,与攀西矿区基—超基性杂岩及四川矿山梁子式磁铁矿成矿有关的玄武岩为同期、同源不同空间产出的岩浆岩体。

岩群主体(图 1),北起于武定田心,南止于干河;禄劝境内,东起于拿左箐,北抵发明村,南达西城(武定),面积约 112km^2(大断裂东侧 74km^2;西侧 38km^2)。大断裂西侧,在以 $\in_1$ 或 $\in_2$ 为核部的背斜翼部,岩群沿 $\in_2$ 与 O_1 层间侵位,局部穿层在 O_1 与 $\in_2$ 之中;大断裂东侧,在以 Zb 为核部的箱状背斜北翼,岩群呈穿层状侵位在 O_1 中,局部沿 Zb 与 $\in_1$ 层间及 O_1 与 D_{1-2} 层间侵位。

武定西城矿区大奕坡矿段岩体(据云南省地矿局一大队,武定西城钛砂矿大奕坡矿段详查、白邑村矿段普查地质报告,1985),侵位在泥盆系中,出露 0.8km^2,工程控制 0.36km^2。岩石呈灰黑色,辉绿结构,主要由基性斜长石(60 %)、透辉石(39 %)、橄榄石(1 %)和玻璃质基质组成。副矿物为磷灰石、榍石,偶见锆英石。钛铁矿、磁铁矿含

* 作者简介:薛步高,男,69 岁,矿床管理及矿床研究专业,教授级高级工程师。云南省昆明,邮码 650011
收稿日期:2000 - 12 - 14

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

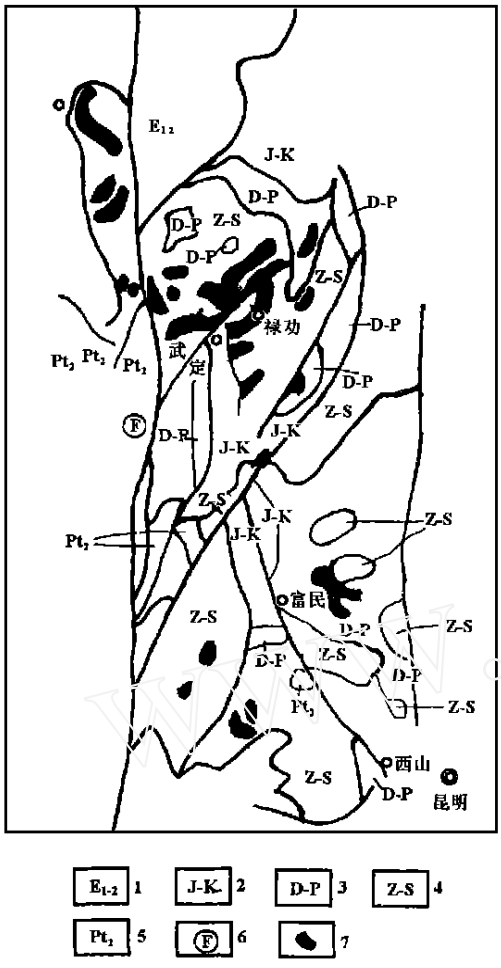


图 1 滇中区基性岩分布图

Fig. 1 Distribution of basic rocks in Central Yunnan

(据云南省地矿局 1∶100 万云南省岩浆岩图)

1. 古新统—始新统;2. 侏罗系—白垩系;

3. 泥盆系—二叠系;4. 震旦系—志留系;

5. 中元古界;6. 西昌-易门大断裂;

7. 海西期基性岩群

量 3 %～8 %,粒度 0.2mm 以下,分散在岩石中。原岩风化壳平均厚 18.09m(最厚 22.7m)。

富民沙锅村砂矿床成矿母岩(云南省地矿局 814 队 1985 年资料),灰绿—暗绿色,细—粗粒钛辉辉长岩,斜长石呈嵌晶形成含长结构。主要由基性斜长石(65 %)、普通辉石(25 %～29 %)、绿泥石(3 %～5 %)、次闪石(1 %～2 %)及钛铁矿与磁铁矿(2 %～5 %)组成。原岩风化壳厚 2～30m。新鲜原岩与其风化壳化学成分,详见表 1。

由表 1 可见,原岩以高铁富钛为特征,主要以钛铁矿与磁铁矿产出,利于风化壳解离成矿,原岩含 TiO_2 3.72 %～4.89 %,比戴里值(0.97 %)高 4～5 倍,含 Fe_2O_3 + FeO14.68 %～16.48 %,比戴里值(9.11 %)高 38 %～45 %,按查氏法(正常系列类型)计算结果,仍属正常辉长岩类。

1.1.2 成矿母岩风化壳地质特征 由新第三纪至第四纪漫长岁月中,集新构造运动、古气候、地貌、雨水下渗排泄等一切有利的条件,始能形成硅铝-铁质-铝土质(红土型)风化壳并保存至今。一些被破坏的含矿风化壳,则转变成坡积或滨湖-河流型冲积砂矿床。

现以大奕坡岩体为例将风化壳分层自上而下表述如下:

④棕红色粘土层:红土型砂矿含矿层,厚 0～3.5m,最高含钛铁矿 184.95kg/ m^3、磁铁矿 35.07 kg/ m^3;

③棕黄灰色砂土层:砂土型砂矿含矿层,厚 2～19.25m,由粘土、高岭土夹石英砂岩屑组成。最高含钛铁矿 177.95kg/ m^3;

②半风化岩体(过渡层):厚大于 10m,含钛铁矿 7～10kg/ m^3;

①新鲜原岩。

沙锅村岩体风化壳分层如下:

④棕红色粘土层:次要含矿层,厚 0～15m,钛铁矿、磁铁矿解离度最好,含钛铁矿大于 100kg/ m^3;

③浅褐黄白色砂土层:主要含矿层,厚 3～20m,由粘土化残余斜长石、绿泥石组成,有用矿物解离度较差,含钛铁矿 60kg/ m^3;

②黄绿色淋滤层:相当大奕坡的"半风化岩体",为原岩顶部化学风化初期产物,厚度不稳定,由高岭石化斜长石、普通辉石,少量橄榄石组成,具残余辉长结构,有用矿物解离度最差,含钛铁矿 17 ±kg/ m^3;

①新鲜原岩。

1.1.3 风化壳砂矿地质特征 风化壳砂矿的规模、品位、面积、厚度,与其红土化的彻底程度密切相关。红土化愈彻底,有用矿物解离愈好,残留岩屑也愈少,就可形成易采、易选的高品位富矿。择其资料较全的砂矿床(点),列于表 2。

各主要砂矿矿石类型分布状况见图 2。其矿物组合为:

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　滇中区成矿母岩与风化壳化学成分(%)对比表

Table 1 Comparison of chemical composition between ore - forming protolith and weathering crust

岩体名称	SiO_2	TiO_2	Ai_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	V_2O_5
武定大奕坡原岩[1)]	47.34	4.82	12.42	7.00	8.23		5.79	8.62	1.80	1.27	0.12
富民沙村原岩[2)]	50.23	3.72	12.91	11.06	4.06	0.18	3.60	6.71	2.73	2.90	
武定洒普山原岩[2]3)]	48.80	4.41	12.69	4.30	10.38	0.22	4.28	7.77	2.54	1.51	
武定狮山原岩[2]4)]	47.27	4.89	12.47	5.58	10.90	0.19	5.56	9.06	2.38	1.09	
辉长岩(戴里,1933)	48.24	0.97	17.88	3.16	5.95	0.13	7.51	10.99	2.55	0.89	
大奕坡岩体风化壳[1)]	27.63	10.87	20.28	25.01	3.90		0.60	0.28	0.18	0.10	0.18
沙锅村岩体风化壳[2)]	35.30	7.30	22.04	22.47(TFe)		0.35	0.94	0.84	0.07	0.41	0.09

1):云南地矿局一大队,武进西城钛砂矿大奕坡矿段详查、白邑村矿段普查地质报告,1985;2)云南地矿局 814 队,1985 年资料;3)含武定大村、分州、麻栗棵与禄劝干坝塘 4 个砂矿床;4)含武定红土田、树德村 2 个砂矿床

表 2　云南钛砂矿床(点)对比一览表

Table 2 Comparison among ilmenite placers in Yunnan

砂矿床(点)	面积(㎢)	平均厚度(m)	品位(km/㎥)	储量(万 t)	砂矿床(点)	面积(㎢)	平均厚度(m)	品位(km/㎥)	储量(万 t)
禄劝干坝塘[3)]	1.79	10.73	66.98	150.2202	武定红土田[5)]	2.08	10.68	63.94	144.0
武定大奕坡与白邑村[1)]		18.09	101.43	65.4762	武定树德村[5)]	0.48	7.28	94.70	30.0
富民沙锅村[2)]	0.25	2～30	35.70	6.0000	武定普洒大村[5)]	1.80	4.50	93.18	50.0
西山区禹都甸[4)]	1.03	4.0	182.82	75.0000	武定分州[5)]	0.85	10.99	90.77	60.0
禄劝南甸[5)]	0.45	10.96	91.70	90.0					

1):云南地矿局一大队,武进西城钛砂矿大奕坡矿段详查、白邑村矿段普查地质报告,1985;2)云南地矿局 814 队,1985 年资料;3)云南地矿局一大队禄劝—武定洒普山钛铁矿区干坝塘矿段详查地质报告,1987;4)西南有色勘查局 312 队,禹都甸钛铁矿地质报告,1986;5)云南地矿局一大队,武定禄劝地区铁砂矿概况,1987

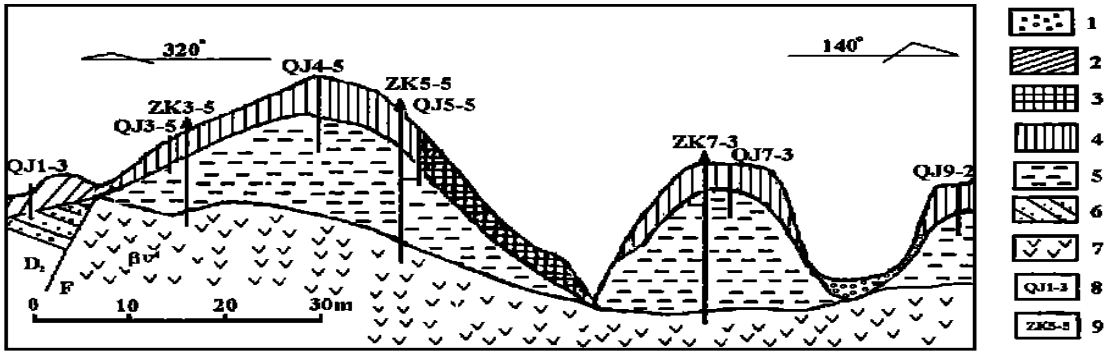


图 2　武定大奕坡矿区 I纵剖面简图

Fig. 2 No. 1 longitudinal profile through Wudin Dayipo mining sector

1. 洪积型砂矿;2. 坡积型砂矿;3. 残坡积型砂矿;4. 残坡积红土型砂矿;5. 残积红土型砂矿;6. D_2 石英砂岩;7. 辉绿辉长岩;8. 浅井编号;9. 浅钻编号

(1)　红土型砂矿:品位富,储量相对少。在大奕坡由亚粘土、绢云母及少量石英砂、钛铁矿、磁铁矿物组成,平均含钛铁矿 120.11kg/ m^3;沙锅村最高含量在 100kg/ m^3 以上。

(2)　砂土型砂矿:是赋存储量的主体。总体色浅,其组成与红土型相同,只是粘土减少,岩屑增多,偶见基性岩残余结构。大奕坡平均含钛铁矿 125.90kg/ m^3;沙锅村含钛铁矿 60 ±kg/ m^3。

两类砂矿,矿物组成基本相同,主要由钛铁矿(60 %～89 %)、磁铁矿(11 %～40 %)组成,粒度小于 0.2mm。另有少量赤铁矿、褐铁矿、锐钛矿、白钛石、锆英石、金红石、电气石等。

1.1.4　风化壳砂矿伴生有益组分　普遍存在可工业回收的磁铁矿,大奕坡平均含量达 43.10 kg/ m^3,磁铁矿精矿一般含 V_2O_5 0.57 %～1.06 %(平均 0.78 %),已达伴生钒工业品位(≥0.7 %),少数高达 1 %以上,可作钒精矿使用。钛铁矿精矿,虽然也含 V_2O_5 0.24 %～0.39 %,因尚难回收,

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

一般未计算其伴生储量。

2 滇南区含锡钛砂矿地质特征

砂矿主要布在建水城西老里洞、排楼坡,沿东西向塔冲河西延至石屏龙门山(大开门),砂矿带长 20 ±km,估计储量(资源量)74 万 t,其富集中心在排楼坡。西南有色地质勘查局 308 队(1957)曾作过普查。近年,广西梧州矿务局曾在矿区取样带回研究。省环保局(1998 年 8 月)在河流天然冲洗的粗精矿取样,送昆明冶金研究所(1998 年 8 月)分析,表明该样含 TiO_2 28.99 %,该所对该样水洗脱泥后,再次分析,含 TiO_2 38.23 %,对此样再经重-磁选处理后的精矿分析,含 TiO_2 47.60 %,可选性良好,与滇中区一致。在排楼坡、西庄、花木山、老尖山、中寨村等处,均有农民采、选。排楼坡农民出售的水洗精矿,含 TiO_2 约 38 %(原矿含 TiO_2 14 % ±)。县矿产服务公司收购农民的粗精矿,经重-磁选后,出售的精矿含 TiO_2 44 %,比滇中区略低。

令人惊奇的是建水县矿管会梁为学(1988)在老里洞的原矿取样分析,样品含 TiO_2 10 %,含 Sn 达 0.236 %,原矿经摇床处理后的钛精矿,含 Sn 高达 2.48 %,为高品位富锡钛砂矿。笔者认为:由于 Ti^{4+} 与 Sn^{4+} 离子半径相近,分别为 0.064nm 和 0.074nm,因而,在高温石英-长石脉和云英岩中的锡石,富含 Ti 高达 0.5 ‰～ 20 ‰(Dudy Kina,1959),钛铁矿多以包裹体或杂质赋存在锡石中[3]。但未见过相反的报道。因二者有相似的地球化学特性,锡石以包裹体或杂质的形式赋存在钛铁矿中应该是可能的,建水富锡铸铁矿就是稀有的一例,应引起重视。该砂矿还有第二个难解之谜,即在砂矿分布的塔冲河上游 50km 半径内,没有酸性岩的产出,主体为澄江组(Za*c*)砂岩,局部为昆阳群黄草岭组板岩和三叠系红层,不存在产出锡矿化的地质背景,最大可能是深部有隐伏的酸性岩体。直至西侧 40km 之外到石屏松村、宝秀、亚房子(龙潭),始有酸性岩及锡钨矿化的产出。可见该区深部有隐伏的与锡矿化有关酸性岩体的存在,是极有可能的。

3 滇中片钛砂矿工艺加工性能

昆明冶金研究所 1985 年曾对武定大奕坡砂矿进行可选性研究,工艺流程为原矿-重选-弱磁选-中磁选,可选性良好(昆明冶金研究所,武定西城钛矿区大奕坡矿段选矿报告,1985,9),成果详见表 3 与表 4 。

表 3 大奕坡矿段选矿成果表

Table 3 Results of ore - dressing of Dayipo mining sector

产 品	产率(%)	品 位(%)			回 收 率(%)		
		TiO_2	Fe	V	TiO_2	Fe	V
钛铁矿精矿	9.10	48.53	36.34	0.11	57.96	18.50	11.67
磁铁矿精矿	1.56	16.59	55.76	1.05	3.40	4.85	19.91
中 矿	6.68	20.90		0.19	18.32		17.76
尾 矿	13.32	3.01		0.039	5.26		7.12
矿 泥	69.34	1.65		0.045	15.06		43.54
原 矿	100.0	7.62	16.59	0.073	100.0	100.0	100.0

表 4 大奕坡与沙锅村精矿化学成分(%)对比表

Table 4 Comparison of concentrates chemical composition between Dayipo and Shaguocun mining sectors

名 称		TiO_2	Fe	V	Mn	S	P	As	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO
大奕坡钛铁矿	精矿[1)]	49.50	36.26	0.21	0.43	0.006	<0.3	0.00066	0.35	1.14	<0.5	1.13
大奕坡磁铁矿	精矿[1)]	17.58	58.30	0.78	0.51	0.006	<0.03	0.00016				
沙锅村钛铁矿	精矿[2)]	49.60	36.62			0.0005	0.023		1.46	0.73	0.10	0.98
沙锅村钛铁矿	原矿[3)]	8.24	15.08	痕	0.11	0.24						

注:1)昆明冶金研究所,武定西城钛矿区大奕坡矿段选矿报告,1985,9;2)昆明工学院,富民沙锅村钛精矿分析报告,1884;3)昆明冶炼厂,富民沙锅村钛铁矿原矿分析报告,1984

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

经云南地矿局中心实验室(1985)鉴定,大奕坡钛精矿中,钛铁矿占 85.03 %、钛磁铁矿 5.37 %、赤褐铁矿 5.98 %;石英、长石占 3.34 %、辉石 0.35 %、磷灰石 0.02 %。钛铁矿纯度达 98 %,粒度 0.22mm 级占 39.165 %,0.17mm 级占 31.73 %(北京有色金属研究院,1984,大奕坡钛精矿粒度鉴定报告),为优良商品矿石。

4　钛铁矿开发探讨

4.1 开发现状

武定县矿业公司于 1987 年创办钛砂矿精选厂(精矿 4200t/a)和钛白粉厂(硫酸法,1000t/a),但没有建设自己的钛矿山,依靠农民采选的粗精矿(TiO_2 ≥48 %)与铁精矿(TFe ≥50 %),钛精矿供制钛白之所需(3000t/a),锐钛型 B 101钛白产品,已达部颁标准。为处理年排放 20 %稀硫酸 8000～8500t,同时副产普钙,以利环保。

富民县乡镇企业局与云南冶炼厂曾合办"云富钛厂",拟兴建选厂、钛白粉厂和高钛渣、人造金红石、钛合金等系列产品,但合作目标终未实现。在合作期间,赵祥等同志为开发人造金红石,对钛精矿作过还原—FeCl 浸出试验(赵祥,富民钛铁矿简介——开发价值及建议,富民县乡镇企业局,1985),效果良好(表 5)。中国焊条厂 1985 年对其试产的金红石作过鉴定分析,可作为今后再度开发时的参考。

表 5　沙锅村钛精矿还原—浮出试验成果表

Table 5 Results of reduction - flotation test of Shaguocun concentrates

试料号	矿号		还原矿		富钛料品位(%)		人造金红石[1)]			
	批号	TiO_2(%)	金属化率(%)	浸出率(%)	TiO_2	TFe	TiO_2(%)	TFe(%)	S(%)	P(%)
97#	14 - 3	51.30	92.0	100	90.16	6.08	91.24	9.75	0.0013	0.013

注:1)据中国电焊条厂 1985 年分析数据

昆明焊条厂也对上述人造金红石试生产电焊条,其试验结论为:最大优点为有益组分高,有害杂质低。问题是粒度[0.074mm(-200 目)占 85 %]过细,要求改进粒度为约 0.246～0.95mm(60～160 目),含 TiO_2 ≥85 %即可。

4.2　钛资源开发问题探讨

云南钛资源开发的指导思想应该是抓住西部大开发的大好机遇和允许引入外资从事矿业勘探、开发的有利政策,集中开发具有一定规模的滇中片(禄劝—武定,西山—富民)钛铁砂矿;采取钛-盐结合方案,兴建以钛白粉厂(氯化法)为主体和与之相配套的烧碱厂(副产盐酸)等一批相关企业的大型钛业开发公司,使之成为西南第二个钛工业基地。

(1)滇中片已探明钛砂矿石量 1245 万 t,远景资源量 2000 万 t 以上,只要有资金投入,储量还可大幅度增长,可满足兴建 150 万 t/a 露采矿山和 15 万 t/a 钛精矿选厂稳产 10 年以上的资源需求。

(2)与大型安宁盐矿(距钛矿区 100km)合作,以该矿的自产卤水为原料,就地兴建烧碱厂(4 万 t/a),以烧碱厂的氯气制取盐酸。将盐酸输送至钛白粉厂(可兴建在钛矿与盐矿之间,各距 50km),浸出钛精矿,制取人造金红石(7 万 t/a),以其为原料生产钛白粉(5 万 t/a)。因氯化法基本无污染,造成绿色良性循环的生产系统。

(3)进行以钛精矿为原料,研究生产高钛渣(TiO_2 > 80 %),以其为原料研究生产中钛铁合金(Ti ≈ 40 %)[4]与低铝钛合金(Ti 约 27 %～29 %)[5]等系列钛合金产品。攀钢以其自产的钛精矿(TiO_2 47 %、CaO + MgO 8 % ±)为原料,已着手试验生产高钛渣[6],而滇中的钛精矿[TiO_2 48 %～49 %、(CaO + MgO) ≤1.63 %](表 4)质量远比攀钢的优良,其效果会更好。

(4)对滇南老里洞含锡钛砂矿,进行锡的赋存状态与含锡的普遍性的研究,一旦确定其共生锡具工业回收价值,可投资勘探,并进行钛、铁、锡同时回收的可行性试验研究。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参 考 文 献

1 薛步高. 昆阳群[A]. 矿床地质论文集[C],昆明:云南科技出版社,1995. 471～486.

2 云南地矿局. 云南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1990. 341.

3 泰勒. R. G. 锡矿床地质学[M]. 北京:地质出版社,1983. 384～409.

4 甘冰. 铝发热冶炼中钛铁工艺研究[J]. 铁合金,1991,(3):18～22.

5 吉发祥,低铝钛合金的研制与生产. [J]. 铁合金,1995,(2):25～26.

6 段成龙,等,攀西钛资源利用,矿产综合利用,2000,(2):30～33.

GEOLOGICAL CHARACTERISTCS OF ILMENITE PLACERS IN YUNNAN AND THEIR DEVELOPMENT

Xue Bugao

(Yunnan management office of village and township enterprises)

Abstract

Ilmenite placer in Central Yunnan is counted for being developed on industrial scale, belonging to a lateritic - typed, weathering crust deposit and with richer reserves, closer surface, higher grade and easier exploitation. Ilmenite - containing bedrock falls into a Hercynian basic rock. At present, the placer is initiatively tapped and fitted only with a separation plant and a titan white - processing workshop (1000t/a) but the row materials depend on the rubble ore provided by the local farmers. Thus, it is suggested that a scheme about titanium - salt combining development be adopted, namely, setting up a 50000t/a titan white plant and the accessorial 70000t/a rutile mill and a 40000t/a caustic soda plant in order to meet the demand of Yunnan on the product.

Key Words: geological characteristics, performance of technical process, development

(上接 52 页)

参 考 文 献

1 李意. 山西硫铁矿床的类型划分[J]. 华北地质矿产杂志,1996,(3).

2 宋毅. 调整产品结构 实行精料政策——合理开发利用我省硫铁矿资源探讨[J]. 山西化工,1994,(3).

3 李意. 霍西煤田西北部硫铁矿地质特征及找矿方向[J]. 山西地质,1992,(4).

COMPREHENSIVE UTILIZATION AS THE ONLY WAY OF TAPPING "YANGQUAN TYPE" PYRITE RESOURCES IN SHANXI

Li Yi Wang Wei

(Shanxi Chemical Minerals Co.)

Abstract

"Yangquan type" pyrite deposits in Shanxi are regarded as a important deposit type for wide spread, rich reserves, and more important, association or paragenesis of rare and rare earth elements. Comprehensively retrieving the associating and paragenetic minerals can lessen environment pollution, enhance using rate of resources, extend using field of resources, increase serve life of mines, and improve economic and social benefits of mining enterprises. The results enable the chemical mining trade of Shanxi to develop, persistently, steadily and healthily

Key Words: pyrite, geological characteristics, production situation, useful elements, comprehensive utilization, persistive development

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net