

赴希腊氧化铝考察报告

贵阳铝镁设计研究院

一九八四年五月

希腊氧化铝考察报告

前 言

由中国有色总公司组织的希腊氧化铝考察组一行五人，于1983年11月27日至12月17日，历时二十天，在此期间，参观和考察了四个厂矿；圣·尼古拉铝厂（St. Nicholas），派尔纳斯铝矿公司（Parnasse），迪斯脱蒙铝矿公司（Ditomon）和埃里孔铝矿公司（Helieon）。

虽然接待较为热诚，在技术上也可以介绍和交流。但在关键问题上和我们要考察的问题，还是很保密的，小组成员尽了很大的努力，时间太短，收集到零碎资料，我们进行了分析，计算与推断，提出以下资料，由于水平所限，不当之处，请给予批评与指正

希腊氧化铝考察组

程宗浩 贵阳铝镁设计研究院

王鸣春 中国有色总公司

刘润田 沈阳铝镁设计研究院

曲修雁 贵阳铝镁设计研究院

刘汝兴 郑州轻金属研究所

执笔人 曲修雁

一、希腊铝工业概况

希腊位于南欧巴尔干半岛的南端。三面临海，爱琴海、地中海及北部接壤亚德利亚海。希腊圣·尼古拉铝厂在距雅典160公里科林斯湾。

希腊铝矿资源丰富，储量约6亿吨，其中工业储量1.2亿以上。矿石类型有一水硬铝石型和一水软铝石型。目前开采的主要是一水硬铝石型。矿石的质量比较好，含二氧化硅2~4%。希腊目前有四个铝矿公司，总共生产能力约350万吨/年，除供应国内用外，大部份出口，主要供应罗马尼亚、苏联等欧洲国家。

希腊为了利用本国丰富铝矿资源，1960年希腊铝业公司建设希腊铝冶炼加工工业。该公司所属圣·尼古拉铝厂于1966年建成投产，是希腊目前唯一的铝冶炼厂。生产范围包括氧化铝、铝电解及炭素等。该厂由法国彼施涅公司(P. u. k)和希腊合资建设的，在总的资本中法国彼施涅公司占60%希腊占40%。由法国彼施涅公司提供技术与希腊共同经营。规模为氧化铝50万吨/年，正在扩建60万吨/年。电解铝14.5万吨/年，炭素制品8.5万吨。铝的产品，除自用外其余出口。

铝的产品共计14.5万吨其中8.5万本国用。6万吨出口；主要是棒铝、板铝、合金铝。基本上没有普通铝锭出口。国内用8.5万吨加工其中3.5万吨自用，5万吨出口，出口产品，主要是带材和铸件。年创外汇2亿美元总的经营额占希腊第三位。工业品出口占第一位。是

希腊重要工业部门之一。

从产值氧化铝比铝矿高4倍，铝制品比铝矿高15~20倍，因此希腊重视铝制品生产。

希腊圣·尼古拉铝厂是60年代建设起来的，不仅规模上如氧化铝已从20万吨/年，发展为60万吨，最终规模100万吨，并不断的采用新技术如单管予热溶出技术，悬浮焙烧氢氧化铝，铝电解微型电子计算控制，烟气净化等取得很好技术经济指标。

(1) 处理一水硬铝石型矿石。从铝矿至氢氧化铝热耗为170~160万大卡/吨·氧化铝，碱耗~60Kg/吨，氧化铝，直流电耗13500度/吨铝。除希腊铝业重视发展技术提高效益。另外希腊政府与法国彼施涅合资，有规定将法国彼斯涅公司收益，不能全部汇出，必须留一部份发展新技术，这也是圣·尼古拉铝厂采用新技术或进行试验研究重要因素。

氧化铝生产工人200人，该厂投资据称4亿美元。（如果现在建设需10亿美元）。

该厂设有港口，码头水深15米，码头有5000吨泊位，运入生产所需原料，如矿石、碱、沥青、焦油等，通过港口运出氧化铝和铝等产品，比较方便。

二、希腊铝矿山

希腊铝矿资源比较丰富，主要分布在希腊派尔纳斯——齐那山脉一

带，仅以派尔纳斯铝矿公司所属550平方公里范围之内，工业储量

1. 2亿吨，现在全国具有铝矿生产能力达350万吨，实际每年生产铝矿280~330万吨，除供应本国生产氧化铝外，主要出口供应罗马尼亚、苏联等欧洲国家。

希腊的铝矿公司成立于1932年，大量开采于1956年，派尔纳斯铝矿公司在51公里处露天采矿，目前希腊全国有四个铝矿公司，分别为：

1、派尔纳斯铝矿公司 (Parnasse)

生产能力为180~220万吨铝矿/年，供圣、尼古拉铝厂铝矿50万吨，其余出口。

2、迪斯脱蒙铝矿公司 (Distomoro)

生产能力为50~60万吨铝矿/年，属于希腊铝业公司。

3、埃里孔铝矿公司 (Helicon)

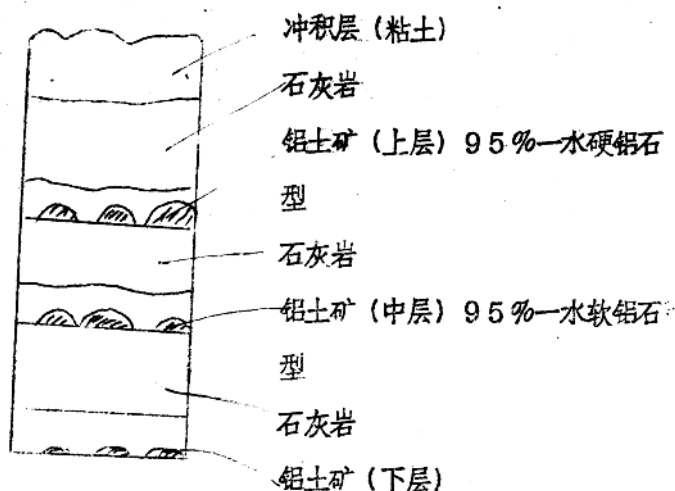
生产能力为30~50万吨铝矿/年，全部出口。

4、斯卡里蒂勒斯铝矿公司 (Skalistiris)

生产能力10~20万吨铝矿/年。

希腊铝土矿的成因，派尔纳斯→乔那山属于阿尔卑斯山脉，过去曾是浅海，由于地壳运动几度出露海面，溶解，迁移，富集和沉积而成矿。铝土矿沉积在三个相邻的地质年代，形成不同地质层位。第一次出露的即第一地质层位（下层）属侏罗系，此层因矿体薄没有经济价值。第二

(中层)，位于早白垩系与晚侏罗系之间。第三地质层位位于晚白垩系岩溶漏斗中。其断面示意图如下：



上层铝土矿95%以上为一水硬铝石型。中层铝土矿95%以上是一水软铝石型。目前派尔纳斯铝矿公司和迪斯脱蒙铝矿公司开采铝土矿的层位第三层（即上层）。属于一水硬铝石型。但在开采过程有时遇上第二层出露部份，也生产少量一水软铝石型铝矿。这主要是地壳运动，铝土矿层位发生交错的原因。埃里孔铝矿公司开采一水软铝石型铝矿所占比例比较大。我们参观其中一个地下开采矿井，全部为一水软铝石型铝矿。第一层（下层）矿体薄，杂质多，没有经济价值。

由上述可知，圣。尼古拉铝厂生产氧化铝所用铝土矿类型，基本上是一水硬铝石型。

希腊铝矿山，由于地层地质构造与形态不同，虽然矿区比较集中，但矿体大小不一，数量多，比较分散。矿体贮量最小5千吨，最大贮量500万吨。砂石围岩是比较致密的石灰岩，顶板比较平整，底板是发育不规则的喀斯特，因此使矿石厚度变化较大1~30米，一般为5米。矿体倾角一般15~30°，只有少数几个矿体倾角为70°左右。

可采贮量40%露天，其余为地下开采。

矿石平均品位

Al_2O_3	56~58%
SiO_2	2~4%
TiO_2	2~4%
Fe_2O_3	18~24%
CaO	约2%

露天开采方法和装备

希腊露天采矿，采用边界剥采比6~8米³/吨·铝矿，平均为5.5米³/吨。除此之外，废石的运输也是一个决定性因素。对于剥采比为5米³/吨的矿床。最大运输距离为700米。

回采工作面台阶高度为10, 15, 20米，与水平面约成65°。

剥离时采用旋转式钻机钻孔。钻孔直径为 $\varnothing 80$ mm/m, $\varnothing 115$ mm/m, $\varnothing 160$ mm/m。采矿时采用履带式旋转冲出钻机，钻孔孔径为51 mm/m。装运废石用7~10立方码装载机和35吨、50吨。

75吨、85吨的翻斗汽车。矿石不经破碎用3~5立方码侧卸式装载机直接装到载重量25~30吨汽车运输。运距一般30~40公里。最远可达80公里。清理底板用液压反铲机。爆破用的炸药为硝酸炸药。用2%秒。雷管。炸药消耗量250~300克/吨石灰岩。120克/吨—铝矿。矿石回采率80%左右。贫化率1.5~2%。

地下开采方法和装备

地下开采。矿层厚度不超过10米。矿体倾角 15° ~ 35° 。基本采用房柱法。矿柱 5×5 米。对倾角大于 60° 矿体采用分层崩落法。对于矿体厚度超过10米回采后立即回填矿房加强矿柱稳定性。

开采巷道断面 5×4 米。开拓巷道2800米。巷道的斜度10~15%。老矿巷道斜度大约20%。回采率70~80%。

开采时用单臂或双臂液压凿岩台钻钻孔。回采工作面装载及其短距运输采用1~5立方码装载机。矿石运输采用矿车20~25吨运输。

在新的工作面采用20~25吨矿车直接运走。

装药有升降平台的装药车。一般用硝化甘油炸药。

希腊铝矿顶板陡峭。用锚杆支护。每一平方米一根锚杆。用机械锚杆或树脂锚杆。在主巷道为了防小石块下落。在锚杆上挂上防护网。地下开采最小厚度为2米。

希腊铝矿开采。设备规格大。机械化水平比较高。每个工作面每班人数15~20名。每人班采矿量40吨以上。

派尔纳斯铝矿公司。为了提高矿石质量。减少杂质。新建日处理量1200吨破碎站。其中主要部份是除杂质。除去矿石中石灰石。采用硅铁作为分离介质。原理见示意图一。通过该分离系统。减少杂质。铝矿中CaO的含量可低于0.4%。

三 氧化铝生产

圣。尼古拉铝厂氧化铝生产。使用一水硬铝石型铝矿。采用高压溶出间接加热拜耳法生产氧化铝。已有十八年的历史。实际证明技术是可行的。经济效益好的。

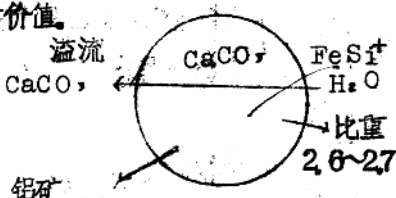
虽然该厂是六十年中期建设的企业。从目前来看。不论从工艺流程。设备选型和能耗降低等方面均有参考价值。

现将该厂的基本情况叙述如下：

(一) 原料。

1. 铝土矿

示意图一



铝矿

希腊铝土矿。因含铁高呈珠红色。矿石类型。既有一水硬铝石型。也有一水软铝石型。但目前供给圣。尼古拉铝厂的两个铝矿公司。皆为一水硬铝石型。并根据我们取两个铝矿公司的样品（没有代表性），可以说明其矿石类型。矿石矿物成份如下：

	派尔纳斯	迪斯脱蒙
一水硬铝石	67.6%	56.3%
赤铁矿	26.8%	11.9%

锐钛矿	1. 8 %	2. 1
金红石	0. 97 %	0. 47 %
方解石	/	18. 8 %
线铁矿	/	6. 8 %

工厂用铝矿平均化学成份如下:

Al_2O_3	56~58 %
SiO_2	2 ~ 4 %
Fe_2O_3	18~24 %
CaO	~2 %
TiO_2	2~4 %

2. 石灰石

石灰石矿山位于工厂原料堆场右侧。开采后经破碎送回转窑煅烧。

供工厂用石灰。

3. 碱

补碱采用液体苛性碱。

(二) 氧化铝生产的主要技术经济指标

1. 铝矿 2. 1~2. 2 吨/吨·氧化铝

2. 碱耗

Na_2O

约35 Kg/吨·氧化铝

相当于 Na_2CO_3 ,

60~65 Kg/吨·氧化铝

3. 热耗

从矿石至氢氧化铝 160~170 万大卡/吨氧化铝

从氢氧化铝至氧化铝 105 万大卡/吨氧化铝

4. 电耗 300 度/吨·氧化铝

(包括机电修理)

5. 水耗 4~4.5 米³/吨·氧化铝

6. 劳动生产率

(按直接生产工人) 3000 吨氧化铝/人·年

目前工厂正在建设悬浮焙烧氢氧化铝。投产后焙烧热耗可进一步下降。

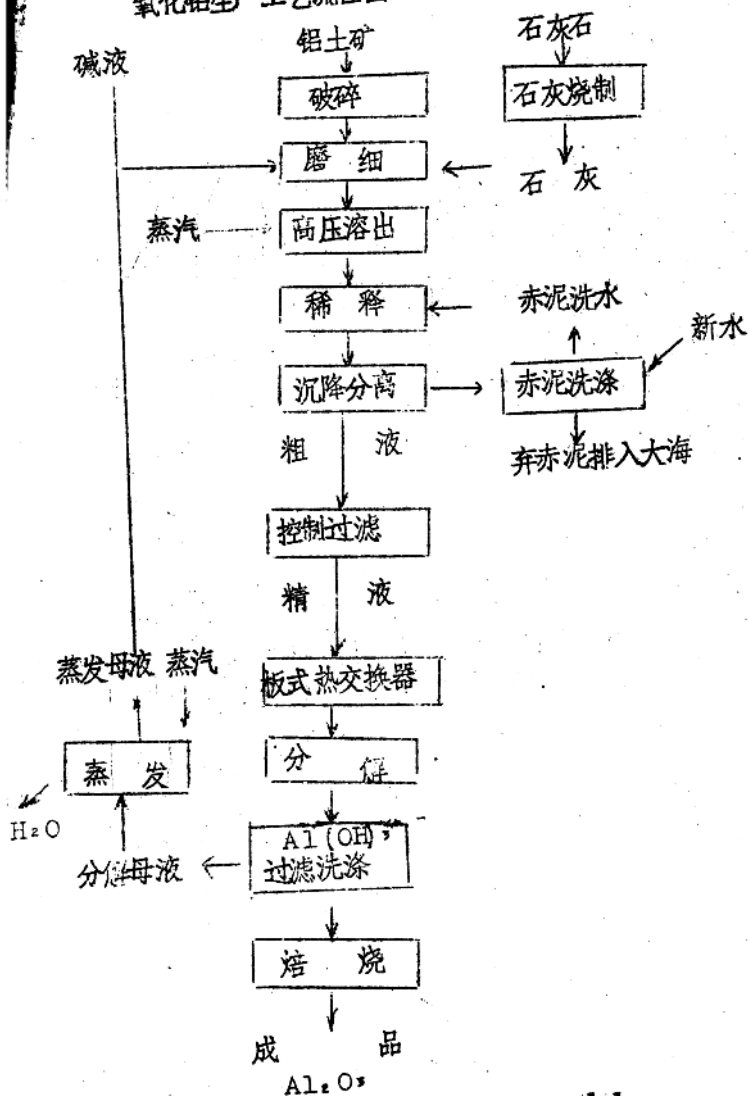
从以上达到的指标看，处理难溶—水硬铝石型矿石，溶出温度 250~255℃，达到热耗 160 至 170 万大卡/吨氧化铝，总能耗 320~360 万大卡/吨·氧化铝的水平是相当先进的。

(三) 氧化铝生产过程主要技术指标及装备

1. 铝矿贮运及破碎

铝矿石由两处供应，一部份由本公司所属铝矿公司 (Disemon)，从矿山用 25~30 吨高邦汽车直接运入原矿堆场堆放。另一部份是派尔纳斯铝矿公司，从依德尔码头 (Itea) 用载重 1000 吨专门船运至铝厂码头，经皮带运至矿石中间仓。再用汽车转运至原料堆场。铝矿在堆场抽样分析，超过规定罚款。堆场总贮存量 200 万吨，按目前产

氧化铝生产工艺流程图



量50万吨/年约为半年用矿量。

两部份矿石分别堆放。用前端装载机按比例配矿。送至破碎系统。

进厂矿石块度一般不大于600 mm/mm，个别大块放在矿仓上钢轨格筛。用液压锤捣碎。

破碎系统采用三段开路破碎。第一段鄂式破碎机。第二段旋回破碎机。第三段圆锥破碎机。破碎后矿石粒度8 mm/mm，然后入磨。

2. 石灰烧制

石灰石开采在原料右侧。石灰石矿经装载机送至破碎机破碎，碎矿经回转窑烧制为石灰。采用回转窑煅烧石灰石。其分解率可达94%。

该厂共有回转窑二台

Ø 2.3 × 50 米 产能80吨/日

Ø 2.9 × 80 米 产能200吨/日

3. 磨矿

铝矿经破碎后粒度为8 mm/mm，进磨矿系统。现有两个磨矿系统。初期建2台气落式球磨。干法分选系统。球径Ø 150 mm/mm，效果不理想。后来扩建棒磨球磨湿法系统。一段为棒磨1台，二段球磨Ø 2.8 × 7.5 米4台使用2~3台。希腊铝矿比较硬。属于难磨矿石。经磨细后矿石细度要求为<64 μ 70~75% <100 μ 98%。

原矿浆槽一台容积3000~4000米³。

4. 溶出

圣。尼古拉铝厂，原有高压溶出装置是欧洲60年代典型的罐式予热高压溶出技术。使用一水硬铝石型矿石是第一家。

该厂原有两组罐式高压溶出系统，一组予热及保温罐为20个，另一组为17个。每组配有四台高压隔膜泵。每台能力为150米³/时。压力为50巴。电机为300马力。实际出力100~120米³/时台。

溶出器的容积号称50米³，搅拌型式两种；一种为机械搅拌，另一种为电磁搅拌。采用电磁搅拌当时因为机械密封没有完全过关，现在机械搅拌已完全过关，并且电磁搅拌效果不太好，今后不会采用这种型式搅拌。

溶出的主要技术条件

(1) 溶出温度252~255℃；

(2) 循环母液成份

Na_2O_k 230g / e Na_2O_c 30g/e、苛性化系数2.89~

2.74；

(3) 溶出液苛性化系数为1.41~1.43；

(4) 氧化铝溶出率(相对)94%；

(5) 溶出赤泥 $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ 0.34~0.38；

(6) 溶出时间；近似1.0小时；

(7) 石灰添加量约5%。

近几年法国彼施涅公司新开发单管予热溶出技术。在法国萨林德 (Salinares) 厂, 建立年产13万吨氧化铝/组。工业装置, 投入使用, 运行情况良好。这种装置结构简单。清洗方便 (清洗时间约占3%), 传热系数高1000大卡/米²·时。与罐式溶出器相比投资低20%, 经营费用低25%。

圣、尼古拉铝厂正在扩建, 为了试验单管予热溶出技术对处理一水硬铝石型矿石适应性, 在该厂17罐一组高压溶出系统增建一部份单管予热装置。并扩大该组的生产能力。现已投入运行一年多。

圣、尼古拉铝厂按装的单管予热系统, 而只是部份采用单管予热配置代替一组原九级罐式预热器的前四级。因此说是带有一定试验性质。据称圣、尼古拉铝厂主要是扩大生产能力, 如建新厂将全部采用单管予热溶出装置, 予热到溶出温度后, 是否设保温段, 视矿石溶出性能而定。

单管予热装置的特点:

(1) 单管予热溶出装置结构较为简单。加工制作以及清理维修都较方便。

(2) 加热管全部放在保温箱内, 整体保温。加热管无保温。排列紧凑, 减少空间。因此箱式整体保温。简化保温。维修方便。效果好。

(3) 加热管径大, 管壁结疤对流速不高, 系统阻力小。

我们在圣、尼古拉铝厂所看到的, 只是单管予热溶出装置一部份。因而很难, 也不能对单管予热溶出技术做全面的评述。

管道换热代替罐式换热装置。这一点在本质讲单管予热溶出技术与西德铝业联合公司 (V A W) 管道化溶出技术便于清理结疤因而它具备管道化予热溶出的传热系数高等主要优点。但单管予热溶出技术在西德 V A W 管道化溶出技术之后开发的因而单管予热溶出技术有它的特点;

单管予热装置主要技术参数;

- (1) 单套管加热管内管直径 $\varnothing 10$ 英寸直管长度 50 米。
- (2) 清洗周期 2.5 ~ 3 个月, 清洗时间 6 小时, (实际 3 ~ 3.5 小时包括停车, 拆卸等)。清洗用酸法, 主要是硫酸。
- (3) 矿浆温度约 70°C 。经单管予热达 $138 \sim 140^{\circ}\text{C}$, 取代原 4 级予热。
- (4) 根据提供处理量, 管道流速约 2 米/秒。
- (5) 传热系数 K 大于 1000 大卡/ M^2 时。
- (6) 仍按九级自蒸发, 九级予热提供热源。
- (7) 新蒸汽 58 巴。
- (8) 溶出温度 $252 \sim 255^{\circ}\text{C}$ 。处理量 $320 \sim 400$ 米³/时。
- (9) 单管予热长度大约 1000 米。

据称每组处理量为 500 米³矿浆/时, 现有予热面积有些紧张。单管予热高压溶出系统示意图如下:

5. 赤泥沉降分离与洗涤

原书缺页