

出国技术考察报告

西 德 铝 工 业

冶 考 81—57

(内 部 资 料 · 注 意 保 存)

冶金工业部情报研究总所
四川省冶金情报标准研究所

前 言

冶金部派出了由五人组成的“管道化溶出试验与技术考察小组”，于1979年11月25日至1980年1月11日赴西德联合铝业公司，参加管道化溶出试验与技术考察，历时48天。

在此期间，小组参加了用我国广西与山西铝土矿进行的半工业管道化溶出试验，着重考察了该公司的纳勃（Nab）、利泊（Lippe）和施塔德（Stade）三个氧化铝厂，也同时参观了该公司正在进行技术改造与建设中的突根（Toging）电解铝厂与二个炭素振动成型装置以及该公司的研究中心，还参观访问了与氧化铝生产设备有关的三个设备制造厂。

由于两国人民的友好与热切及同我国进行经济合作的愿望，德方接待较为热诚，技术上也较开放，当然在关键的问题上还是保密的。小组成员进行了紧张的工作，尽了最大的努力来完成冶金部领导交给的任务，收获较大。

为了促进我国铝工业的技术发展，在考察报告中，尽可能全面、如实地反映出所收集到的技术资料，并做了初步的计算与分析。考察报告分两部份：一是我国山西与广西铝土矿半工业管道化溶出试验报告；二是西德铝工业技术考察报告。由于水平所限，内容较多，时间较短，不当之处，请于指正。

冶金部赴西德参加管道化溶出试验与技术考察小组

贺云山 李元杰 潘明和

吴金华 顾惠灵

一、西德铝工业概况

西德是世界上铝工业发展较早的国家之一，直至二次世界大战中期（1939年），德国仍为世界上最大的铝生产国。当时世界铝的年产量为 65 万吨，德国铝产量已达 20 万吨，美国的铝产量仅 14.8 万吨。但二次大战结束后约有 50 % 的铝企业受到损失，在 1948 年整个西德铝的年产量降至 8000 吨，到 1951 年才开始恢复生产。经过将近三十年左右时间，西德对原有的铝企业进行了改造与扩建，并新建了一些近代化的铝企业，其中包括外国资金在西德投资建设的铝企业。目前铝的年产量已超过法国及英国。

近十年来，西德在铝工业技术方面也有很大的进展：在氧化铝生产方面的重大改进就有铝土矿的管道化溶出及氢氧化铝循环沸腾床焙烧工艺，在炭素生产方面目前在西德已全面推广采用的阳极振动成型工艺；在铝电解生产方面目前国内正在新建 17.5 万安培的大型中间下料予焙槽型的工厂以及西德独特的铝厂烟气干净化装置。

西德铝工业的发展速度可以说是较快的，但是西德是一个铝土矿资源极其贫乏的国家，上黑森地区的伏格尔山（Vogelsberg）是德国唯一的铝土矿产地，但是由于产区限于很狭小的地带，并很不利于开采，加之铝土矿中夹有粘土和其它泥土质，需要花费很昂贵之成本才能选出可利用之铝矿石，因此西德铝工业生产氧化铝所需的原料——铝土矿，几乎全部依靠进口。他们从法国、南斯拉夫、匈牙利、希腊、几内亚、加纳、牙买加、海地、圭亚那、苏里南、印度、印尼、及澳大利亚均进口过铝土矿。这些国家的铝土矿有的属于三水铝石，有的属于一水软铝石，有的属于三水及一水软铝石的混合矿，有的则属于一水软铝石与一水硬铝石之混合矿。因此对西德铝工业的氧化铝生产来说就要求在技术上有较强的适应性，以

西德氧化铝厂及其产能

表 1

公 司 名 称	厂 名	厂 址	投产年份	年生产能力 (万吨)	备 注
西德联合铝业公司 (Vereinigte Aluminium Werke AG)	纳 勃 (Nab)	施 万 多 夫 (Schwandorf)	1937年	22	
	利 泊 (Lippe)	留 能 (Lünen)	1938年	45	
	施 塔 德 (Stade)	施 塔 德 (Stade)	1973年	60	美国雷诺公司 投资 50%
格布尔基里尼公司 (Gebr. Giulini GmbH)	基 里 尼 (Giulini)	路 易 港 (Ludwigshafen)	1969年	15	
马 丁 工 业 公 司 (Martinswerk) GmbH	马 丁 (Martin)	贝 尔 汉 姆 (Bergheim)	—	36	瑞士铝业公司 投资 100%

对付各种来源的不同性质的铝土矿。同时由于全部依靠进口铝土矿，使氧化铝生产的成本仅铝土矿一项即占 30 ~ 40 %，故西德近几年来进矿零乱的局面正在逐渐扭转。目前尽量向外国购买一些优质的铝土矿，主要是从澳大利亚及几内亚等国进口，以弥补上述之不足。

目前西德共有五个氧化铝厂，均采用拜耳法生产。1977 年的氧化铝总产量为 145.92 万吨。这五个氧化铝厂中属西德联合铝业公司 (VAW) 的有三个厂。

这五个氧化铝厂及其产能列于表 1。

电解铝厂在西德目前共有十个，1977 年的铝总产量为 74.18 万吨。这十个电解铝厂中属西德联合铝业公司的有五个厂，另有一个是与别国合资的。这十个电解铝厂及其产能列于表 2。

西德电解铝厂及其产能

表 2

公 司 名 称	厂 名	厂 址	年生产能力 (万吨)	备 注
西德联合铝业公司 (VAW)	爱 尔 夫 特 (Erft)	格 雷 芬 布 罗 伊 希 (Grevenbroich)	3.8	
	利 泊 (Lippe)	留 能 (Lünen)	4.7	
	茵 (Inn)	托 根 (Toging)	5.5	
	莱 茵 (Rhein)	诺 伊 斯 (Neuss)	14.5	
	易 北 (Elbe)	施 塔 德 (stade)	6.5	
汉 堡 铝 业 公 司 (Hamburger Aluminium werk GmbH)	汉 堡 (Hamburg)	汉 堡 (Hamburg)	10	西德联合铝业公司 及美国雷诺金属公司 联合投资
格 布 尔 基 里 尼 公 司	基 里 尼	路 易 港	4.4	
欧 洲 凯 撒 制 铝 及 化 学 公 司 (Kaisw Aluminium Europe)	弗 尔 德 (Voerde)	弗 尔 德 (Voerde)	11	美国凯撒制铝 及化学公司投资
轻 金 属 公 司 (Leichtmetall- Gesellschaft)	埃 森	埃 森—博 尔 贝 克 (Essen-Borbeck)	13.4	瑞士铝业公司及西 德联合金属公司 (VDM) 联合投资
莱 茵 菲 尔 登 铝 冶 炼 公 司 (Aluminium-Hütte Rheinfelden)	莱 茵 菲 尔 登	巴 登 (Baden)	6.4	瑞士铝业公司 投资

今将西德氧化铝厂及电解铝厂的位置示于图 1。

西德联合铝业公司 (Vereinigte Aluminium Werke AG) 在西德的铝工业中占有重要的地位, 氧化铝的产量约占西德总产量的80%, 铝的产量约占50%。西德联合铝业公司于1917年在柏林创立, 该公司是联合工业企业股份公司 (VLAG) 的一部份, 后者为西德政府所拥有。目前西德联合铝业公司的总部设在波恩 (Bonn)。

西德联合铝业公司共有职工 15000 人, 销售额达22亿西德马克, 它的业务范围是很广的, 从矿山, 氧化铝, 电解铝直至铝加工等。

1977 年西德联合铝业公司总产量为: 铝37.1万吨, 氧化铝 117 万吨。西德联合铝业公司有三个氧化铝厂, 其总产能为 127 万吨。

西德联合铝业公司有 5 个电解铝厂, 在另一个 1973 年投产的铝厂占有 33.3% 的股份, 其总产能为 45 万吨。

西德联合铝业公司还有一个欧洲最大的阿尔诺夫 (Alunorf) 铝加工厂, 热轧能力可达 45 万吨/年。这个厂是西德联合铝业公司与加拿大铝业公司 (Alcan) 联合投资建设的各占50%股份。其它还有 4 个铝加工厂均集中在西德的北部。

西德联合铝业公司的一些子公司生产铝半成品, 铝制品, 高纯或超纯铝以及特种产品 (包括镓与特种氧化铝)。这些子公司有的在西德国内, 有的建在法国、瑞士、荷兰及美国等地。

西德联合铝业公司在波恩还设有一个轻金属研究中心, 可为铝工业的发展与提高进行各种研究工作。

西德联合铝业公司所建的氧化铝厂及电解铝厂有一个特点, 即均建在河流的边上, 这对工厂的环境、运输均有很大的益处。

在铝土矿和氧化铝方面, 西德联合铝业公司还与国外几个企业合股经营:

台尔菲铝土矿公司 (Delphi Bauxite S.A.) ——经营希腊的铝土矿山, 设在雅典。

几内亚弗里基亚 (Jriguia) 公司 ——经营几内亚的博克 (Boke) 铝土矿山。

万洛克铝土矿公司 (Wenlook-Bauxite) ——在澳大利亚拥有一个铝土矿床。



图 1. 西德氧化铝厂及电解铝厂位置分布图

注: ■ 氧化铝厂
▲ 电解铝厂

二、西德氧化铝生产的管道化溶出技术

(一)管道化溶出技术的发展过程

拜耳法溶出铝土矿最初是采用非连续生产的单个压煮器，以后又逐渐被连续生产的带有搅拌器和加热盘管的压煮器组成的间接加热压煮器组所代替。

早在 1930 年，就有人提出可用管道作为铝矿溶出的反应装置，当时由于技术上的困难，这个设想未能实现。

西德联合铝业公司于 1960 年即开始对管道化溶出的技术进行研究。1962 年进行了每小时几升规模的试验，并于 1966 年在西德纳勃氧化铝厂建成第一套管道化溶出装置。通过一系列的试验与改进，终于进而发展成大规模的生产装备，应用于大规模的工业生产。以后又相继在利泊氧化铝厂及纳勃氧化铝厂的扩建中，建设了不同规模的管道化溶出装置，并于 1973 年在新建的施塔德氧化铝厂，年产 60 万吨氧化铝，全部采用了管道化溶出装置。

现在欧洲已有四个氧化铝厂采用了管道化溶出技术，其总产量已达到年产氧化铝 100 万吨左右。以上有三个氧化铝厂属西德联合铝业公司，其中有一个氧化铝厂是属瑞士铝业公司。在 1971 年前管道化溶出技术发展的初期，瑞士铝业公司向西德联合铝业公司购买了这一技术专利，由西德联合铝业公司提供基本设计（相当于初步设计）、详细设计（相当于施工图）和技术操作，瑞士铝业公司自己购置设备。

到目前为止总共建成 12 套管道化溶出装置，总的年产能力约为 100 万吨氧化铝，约占西德铝业公司氧化铝总产能的 73%，其分布如表 3。

氧化铝产能分布 表 3

国 别	厂 名	氧化铝总生 产 能 力 (万吨/年)	管道化溶出 生 产 能 力 (万吨/年)
西 德	纳 勃	22	8.7
	利 泊	45	25
	施塔德	60	60
		127	93.7
瑞 士	马 丁	36	8
		163	101.7

目前采用的管道化溶出装置每组可达年产 15~16 万吨氧化铝的水平。

(二)管道化溶出的工艺

与装置

1、管道化溶出工艺的原理

管道化溶出是一种化工动力学的装置，其基本思想在于可采用较高的溶出温度，提高温度比增大碱浓度会更加强烈地促进溶解，由此溶出所需的反应时间显著降低。迄今投产的管道化溶出装置，溶出温度已由

250℃提高到 270℃，新装置设计拟采取溶出温度为 280~300℃。由于反应温度的提高，即可使化学反应的速度得到显著提高，这就可显示出由于氧化铝溶解度增大得到母液利用改善的优点。也即是可达较低的溶出液分子比，则溶出铝土矿须配入碱液量可减少。这样需要加热

溶出的原矿浆量即可减少，这是节约能量的重要优点。

由于在管道化溶出器内，全部反应组份具有近于一致的反应时间。即对于所有颗粒平均停留时间和有效停留时间是相同的。因此在管道溶出器内可较易实现最小停留时间。因而溶出只要很少量的母液可以实现铝矿与碱液的最佳配量。

溶出温度对铝土矿溶出速度起着决定性的作用，但还必须考虑到在溶出反应装置中的传质过程。湍流是影响反应速度的一个重要因素：

$$\frac{dC_t}{dt} = \frac{D \cdot O \cdot (C_o - C_t)}{\delta}$$

式中：

C_t ——时间 t 时的浓度

C_o ——平衡浓度

t ——时间

D ——扩散常数

δ ——界面厚度

O ——表面积

在溶出反应装置中，每一个铝土矿颗粒与溶液之间的界面上除去由铝硅酸盐和钛酸盐所形成的保护膜外，还存在有铝酸钠溶液的滞流层（即溶液扩散层）的薄膜。当矿浆流速越大或搅拌强度越大，则此滞流层就越薄，从而对传质和传热过程造成的阻力也就越小，即溶出时铝土矿颗粒表面溶液扩散层的厚度决定于矿浆的雷诺数 Re 。当在溶出反应装置中使矿浆的流速或搅拌足以产生高度湍流的运动时，矿浆的雷诺数 Re 发生了某些数量级的变化。例如达到 10^5 数量级，则无论保护膜或溶液扩散层的厚度都大为减小，从而可极大地改善传质系数。

溶液的湍流状态与温度同样地影响溶出速度，对于管道化溶出装置的雷诺数要比压煮溶出装置显著增大。

压煮器溶出装置

$Re = 10^4 \sim 10^5$

管道化溶出器

$Re = 2 \times 10^5$

这里就表明在管道化溶出器内，平衡很快被破坏，从而大大强化了溶出过程，这对那些较难溶出的铝土矿，使用管道化溶出在较高的温度下，就可以采用较低的碱浓度，并其浓度可以与分解母液的碱浓度一样。这样就使整个拜耳法生产氧化铝的过程，不采用能量消耗较大的蒸发装置来蒸发分解母液，故就使整个过程的能耗降至最低。

总之，管道化溶出工艺的主要优点是溶出和分解可用相同浓度的碱液进行，从而可以省去能耗和投资均较大的蒸发工序。此外溶出反应所需的时间很短，设备利用率高。当采用较高的压力时，管道化溶出器的投资和生产费用，均可降低。

目前在西德的氧化铝厂，不论老厂扩建或新厂的建设，均采用管道化溶出这一新的工艺。

2、管道化溶出器的型式

总的来说，管道化溶出器可以分为二种型式。

第一种：套管式管道化溶出装置。

图 2 是早期在工业上采用的管道化溶出装置。

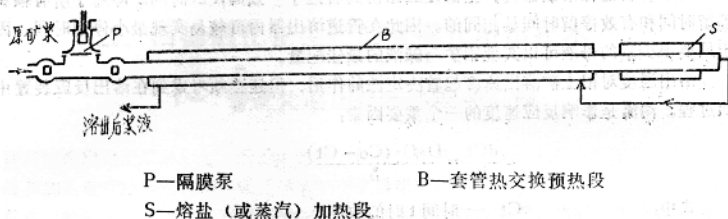


图 2. 套管式管道化溶出器

所谓套管式管道化溶出器即自磨机出来的原矿浆，通过隔膜泵送入管道内与经熔盐（或蒸汽）加热溶出后的高温浆液进行套管热交换，从而达到原矿浆预热的目的。在矿浆预热段内，一般是外管为冷的原矿浆，内管则为溶出后的高温液，这样可使热的回收更好些。而熔盐（蒸汽）加热段则内管是预热后的矿浆，外管是熔盐（或蒸汽）。当矿浆经高温段达到 $250 \sim 270^\circ\text{C}$ 的溶出温度后（根据不同的铝土矿，采用不同的溶出温度，如溶出浆液有的需要保温段，则停留一定的时间，而容易溶出的铝土矿，则不需要停留时间），即与原矿浆送去进行套管热交换。

这种套管式管道化溶出装置，按其能力现有二种规格，即每组管道化溶出装置，每小时处理原矿浆量有 40米^3 及 80米^3 二种。目前在纳勃氧化铝厂及利泊氧化铝厂均有这种装置。这种型式的管道化溶出器，由于热的溶出浆液与冷的原矿浆进行热交换，对操作运行及热的利用，不如以自蒸发的蒸汽与原矿浆进行热交换为佳，故在西德新建的氧化铝厂，已不再采用这种型式的管道化溶出装置。

第二种：自蒸发器式管道化溶出装置。

目前新建的氧化铝厂以及老厂扩建均采用这种型式的管道化溶出装置，如图 3。

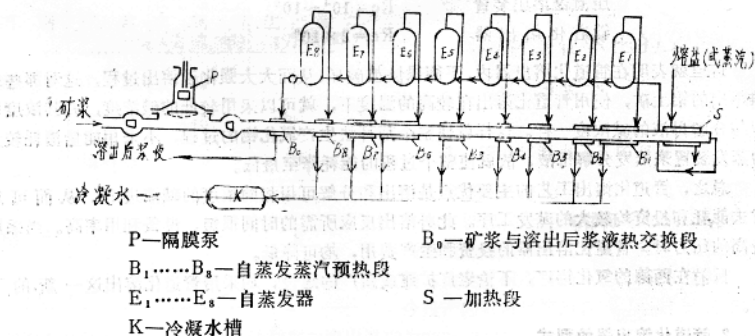


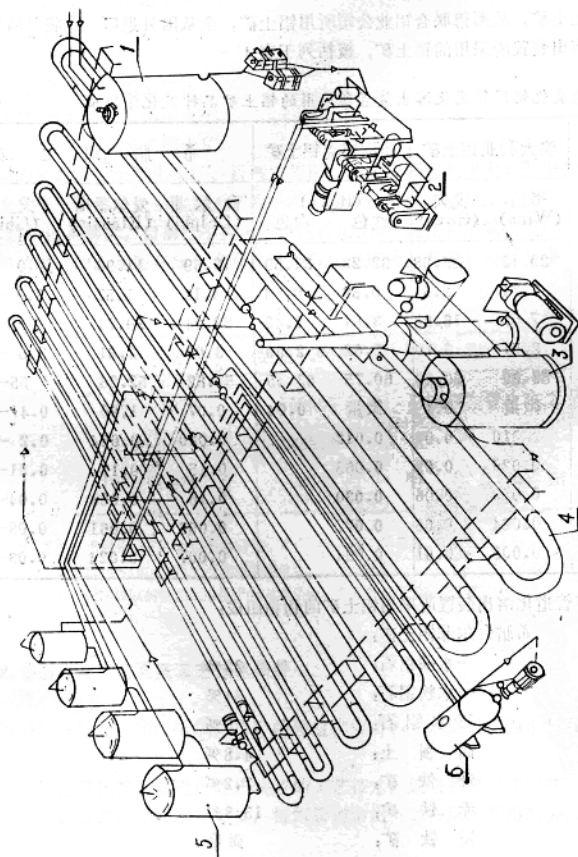
图 3. 自蒸发器式管道化溶出器

所谓自蒸发器式管道化溶出器，即自磨机出来的原矿浆与经熔盐（或蒸汽）加热溶出后

的高温浆液，通过多级自蒸发器所得的二次蒸汽去进行多级热交换以达到预热的目的。

这种自蒸发器式管道化溶出装置，所带的自蒸发器级数各不相同。早期工业上用的有四级自蒸发器，目前新设计的及工业上已经用的，均采用八级自蒸发器，这样可使热的利用率更佳。

一般这种装置是原矿浆通过隔膜泵送入管道内，首先经最后一级自蒸发器出来的溶出浆液进行一般套管热交换，然后由各级自蒸发器排出来的蒸汽进行多级预热，最后进入高温段，由熔盐作为加热介质，达到溶出所需的温度。溶出后的浆液，即进入多级自蒸发系统，预热段经各级自蒸发器排出的蒸汽预热后所得的冷凝水，最后进入冷凝水储槽，可供氧化铝厂洗涤赤泥及氢氧化铝之用。



- 1.—原矿浆槽
2.—隔膜泵
3.—熔盐炉
4.—管道
5.—自蒸发器
6.—冷凝水储槽及泵

图 4. 管道化溶出装置立面图

这种自蒸发器式管道化溶出装置,按其能力说有三种规格,即每组管道化溶出装置,每小时处理原矿浆量有120米³、150米³及300米³三种。目前在纳勃氧化铝厂及利泊氧化铝厂扩建时,已采用了每小时处理原矿浆为120米³及150米³的管道化溶出装置,并利泊氧化铝厂还拟扩建一组每小时300米³管道化溶出装置。而新建的施塔德氧化铝厂,则全部采用了每小时300米³的管道化溶出装置,1981年底可建成投产。

自蒸发器式管道化溶出装置的立面图见图4。

(三)管道化溶出的技术操作

1.管道化溶出装置所使用的铝土矿

西德国内无铝土矿,故西德联合铝业公司所用铝土矿,全从国外进口。今将其所属各氧化铝厂的管道化溶出装置所采用的铝土矿,概括列于表4

西德氧化铝厂管道化溶出装置所采用的铝土矿品种及化学组成

表 4

化学组成	品 种		澳大利亚铝土矿		非洲博克铝土矿		希 腊 铝 土 矿		
			韦伯 (Wipa)	戈夫 (Gove)	(Boke) 红色 白色		台 尔 非 (Delphi)	爱 尔 悉 斯 (Eleusis)	戈 尼 (Ghione)
灼 减 %			29.12	25.98	32.23	31.59	12.69	11.96	12.0—15.0
SiO ₂ %			2.71	3.54	0.58	0.54	4.18	1.57	3.0—4.5
Fe ₂ O ₃ %			7.07	16.92	3.81	1.40	22.24	29.71	23—24
TiO ₂ %			2.51	3.10	2.62	2.99	3.00	2.61	2.5—3.0
Al ₂ O ₃ %			58.60	50.10	60.75	63.45	57.82	52.26	55—58
CaO %			微量	<0.1	微量	0.04	0.07	1.90	0.4—0.9
Mn ₂ O ₃ %			0.010	<0.01	0.012		0.020	0.094	0.2—0.9
Cr ₂ O ₃ %			0.025	0.03	0.063		0.15	0.17	0.01—0.04
V ₂ O ₅ %			0.028	0.06	0.030		0.16	0.068	0.04—0.1
P ₂ O ₅ %			0.064	0.06	0.077		0.056	0.061	0.08—0.12
ZnO %			<0.005	<0.01	0.004		0.007	0.024	0.03—0.08

西德氧化铝厂管道化溶出装置所采用铝土矿的物相组成:

希腊台尔非铝土矿:

一水硬铝石:	22%
一水软铝石:	34%
三水铝石:	5%
高 岭 土:	4.8%
针 铁 矿:	7.2%
赤 铁 矿:	13.8%
锐 钛 矿:	微量

澳大利亚韦伯铝土矿:

一水软铝石: 8—10%

几内亚 博克铝土矿

红色博克矿 含一水软铝石: 2—7%

白色博克矿 含一水软铝石: 10—13%

西德联合铝业公司所属的三个氧化铝厂使用铝土矿的情况,大致如下:

纳勃氧化铝厂: 75%使用非洲博克铝土矿。25%使用澳大利亚韦伯铝土矿。

利泊氧化铝厂:

(1) 非洲博克铝土矿。

(2) 澳大利亚韦伯铝土矿。

(3) 希腊铝土矿。

施塔德氧化铝厂:

(1) 非洲博克铝土矿。

(2) 澳大利亚韦伯铝土矿。

(3) 澳大利亚戈夫铝土矿。

总的来说这三个氧化铝厂,目前主要用的是非洲博克及澳大利亚韦伯铝土矿,用澳大利亚的戈夫铝土矿不多,希腊铝土矿因一水硬铝石含量高,质量差,已不进口,仅利泊氧化铝厂,曾使用过希腊矿。目前已不拟再采用这种铝土矿。现在利泊氧化铝厂,用的希腊铝土矿,还是十年前进口的,现还有部分堆存在利泊氧化铝厂内,其使用情况见表 5

表 5

年 份	数量 (吨)	使 用 装 置
1967~1979	500000	压煮器与管道化溶出器
1976~1979	118940	压 煮 器
1976~1979	8500	管 道 化 溶 出 器

注: (1) 希腊铝土矿中,以台尔非铝土矿含一水硬铝石为最高。

(2) 1976~1979年间处理的均是指希腊台尔非铝土矿。

(3) 1976年以前管道化溶出处理过希腊矿,但只是爱尔悉斯铝土矿。

2. 管道化溶出装置及工艺技术条件

西德联合铝业公司所属氧化铝厂的管道化溶出装置,到目前为止共有11套,其分布列于表6。

1) 施塔德氧化铝厂管道化溶出装置的工艺技术: 施塔德氧化铝厂共有四组西德能力最大的管道化溶出装置,采用水平配置,每组管道溶出器为一层,四组共分四层,其平面如图5所示。

西德 VAW 管道化溶出装置一览表

表 6

名 称	单 位	纳 勃 厂 (Nab)	利 泊 厂 (Lippe)	施塔德厂 (Stade)	合 计
管道化溶出装置	40米 ³ /时(套管式)	1	1		2
	80米 ³ /时(套管式)		2		2
	120米 ³ /时(自蒸发器式)	1	1		2
	150米 ³ /时(自蒸发器式)		1		1
	300米 ³ /时(自蒸发器式)			4	4
	合 计	2	5	4	11
氧化铝年产能	万 吨	22	45	60	127
管道化溶出年产氧化铝	万 吨	8	25	60	93
管道化溶出生产所占百分比	%	36.4	55.6	100	73.2

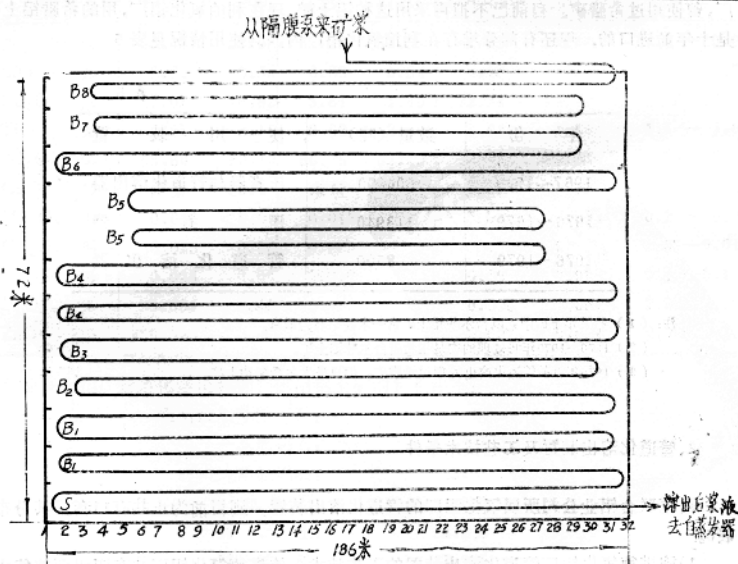


图 5. 施塔德氧化铝厂管道化溶出装置平面图

施塔德氧化铝厂的管道化溶出装置可见下列图6、7、8、9。

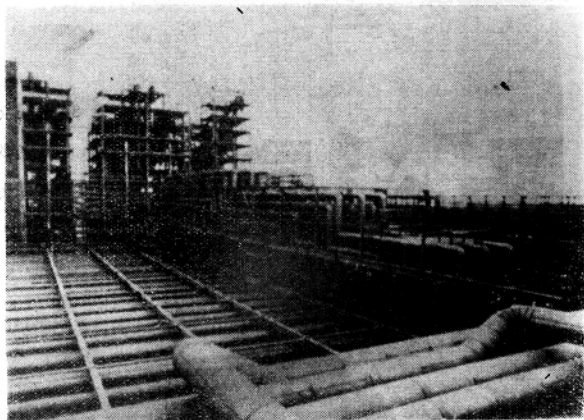


图 6. 管道化溶出装置的顶部及自蒸发器图

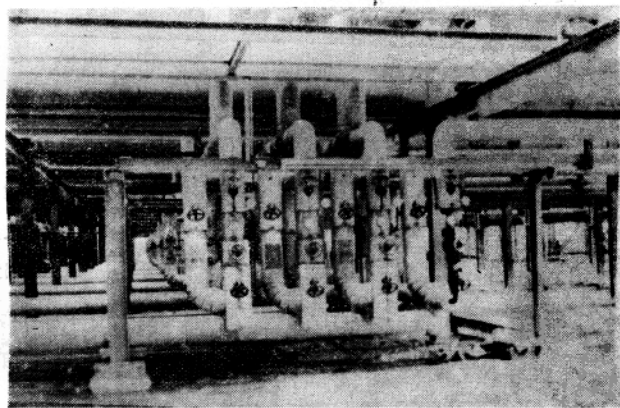


图 7. 管道化溶出装置的底层图

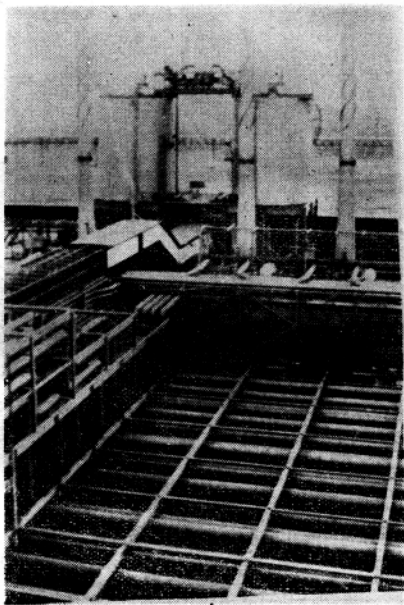


图 8. 管道化溶出装
置的顶部及原
矿浆槽



图 9. 管道化溶
出装置的
控制室

(1) 管道化溶出装置的规范:

①管道总长度 (每组)	4189 米
其中: 套管热交换段	95 米(内管管径 $\phi 159 \times 6$ 毫米 2 根)
自蒸发蒸汽预热段	3716 米(内管管径 $\phi 159 \times 6$ 毫米 2 根)
内 B ₈	330 米
B ₇	318 米
B ₆	354 米
B ₅	564 米
B ₄	707 米
B ₃	348 米
B ₂	360 米
B ₁	735 米
熔盐加热段	378 米(内管管径 $\phi 219 \times 7$ 毫米 1 根)
内 I _s	4 段各 94.5 米
②管道化溶出器组的产能	300 米 ³ /小时原矿浆
③自蒸发器级数	8 级
④熔盐炉	一套
熔盐泵能力	480 米 ³ /小时 (60 米水柱) 320KW 电机)
风机能力	25000 米 ³ /小时 (120KW 电机)
⑤隔膜矿浆泵	型 号 KM-3W-A8Z
数 量	(电机 1250KW) 1 台
能 力	280~300 米 ³ /小时原矿浆
压 力	100 大气压
缸 数	8
电机功率	1250KW

(2) 管道化溶出器组的操作数据

①原矿浆预处理预脱硅时间	6 小时(70~80℃)
②管道化溶出器组各段温度分布:	
原矿浆套管热交换段温度	96~98℃
出预热段的浆液温度	210~220℃
出熔盐加热段的浆液温度	250~260℃(最高可达 270℃)
第一级自蒸发器的浆液温度	225~235℃
第八级自蒸发器的浆液温度	115~118℃
溶出浆液出套管热交换段温度	98~102℃
出管道化熔盐段的熔盐温度	300~320℃
熔盐炉送出熔盐温度	350~370℃
熔盐炉烟囱废气温度	200℃

③管道化溶出器组的压力

矿浆隔膜泵出口压力

65~75巴

管道系统的总压力降

30~23巴

④溶出工艺技术数据

碱液浓度

Na_2O_K

135~140 克/升

溶出液

α_K

1.4~1.45

⑤氧化铝溶出率

澳大利亚 Weipa 铝土矿

95% (250℃)

非洲白色 Boke 矿

88~90% (270℃)

注一：非洲白色 Boke 矿较红色 Boke 矿难溶出，故溶出率也低，该厂原设计是采用澳大利亚 Weipa 矿，当达到溶出温度后不需保温时间，白色 Boke 矿今后准备增设保温时间并加一定量的添加剂。

注二：氧化铝溶出率的计算：

西德氧化铝厂对铝土矿的溶出率一般均以可溶出氧化铝的溶出率来作为生产指标，其计算式如下。

$$A_{\text{可溶}} = A - 0.85S$$

$$\eta A_{\text{可溶}} = \left[1 - \frac{F_{\text{矿石}} \times A_{\text{可溶}} (\text{赤泥})}{F_{\text{赤泥}} \times A_{\text{可溶}} (\text{矿石})} \right] \times 100\%$$

式中：

$A_{\text{可溶}}$ ——铝土矿或赤泥中可溶出氧化铝，

$\eta A_{\text{可溶}}$ ——铝土矿中可溶出的氧化铝的溶出率%，

$A_{\text{矿石}}$ ——铝土矿中 Al_2O_3 含量%

$S_{\text{矿石}}$ ——铝土矿中 SiO_2 含量%

$F_{\text{矿石}}$ ——铝土矿中 Fe_2O_3 含量%

$A_{\text{赤泥}}$ ——赤泥中 Al_2O_3 含量%

$F_{\text{赤泥}}$ ——赤泥中 Fe_2O_3 含量%

施塔德氧化铝厂管道化溶出器的生产数据及运转情况，分别列于表 7、表 8

施塔德氧化铝厂管道化溶出器生产运行数据

表 7

管道化 溶出器 组编号	生产运 行时间 (小时)	浆液温度℃		隔膜泵 出口压 力 (巴)	溶 出 温 度 (℃)	熔盐温度℃		原矿浆进 料 量 (米 ³ /小时)	熔盐炉用 天 然 气 (米 ³ /小时)
		原矿浆进 出器	溶出浆液 出管道化 溶出器			进	出		
RA ₁	1425	69	104	77	260	400	350	300	1900
	2776	70	104	74	260	340	295	300	1900
RA ₂	333	73	105	75	260	316	279	300	1900
	546	71	97	65	250	298	229	300	1700
RA ₃	903	69	98	90	270	340	292	300	1700
	5362	71	101	87	264	378	330	310	1900

注：天然气热值 8700 千卡/米³

控制相同,只是熔盐段温度相应要提高 20°C 。另外即预热段的热交换面积开始只切除 15% ,因该厂原设计的溶出温度为 250°C ,故当溶出温度提高至 270°C 时其富余面积就要减少些,但总的来说,溶出浆液的温差 (Δt) 为 20°C ($270 - 250 = 20^{\circ}\text{C}$),而熔盐的温差 (Δt) 仍为 50°C ,故其值也是较小的。

利泊氧化铝厂的溶出操作则与施塔德氧化铝厂不同,该厂是热交换面积一次投入控制最后出料的温度。

2) 利泊氧化铝厂管道化溶出装置器的工艺技术: 该厂共有四组管道化溶出器。每组每小时处理原矿浆能力、分别为 40米^3 、 80米^3 (二组)、 120米^3 、 150米^3 。

利泊氧化铝厂的管道溶出装置种类较多,今将该厂二组典型的管道化溶出装置分述于下:

(1) 设备编号为 RA-5 自蒸发器式管道化溶出器示于图 12

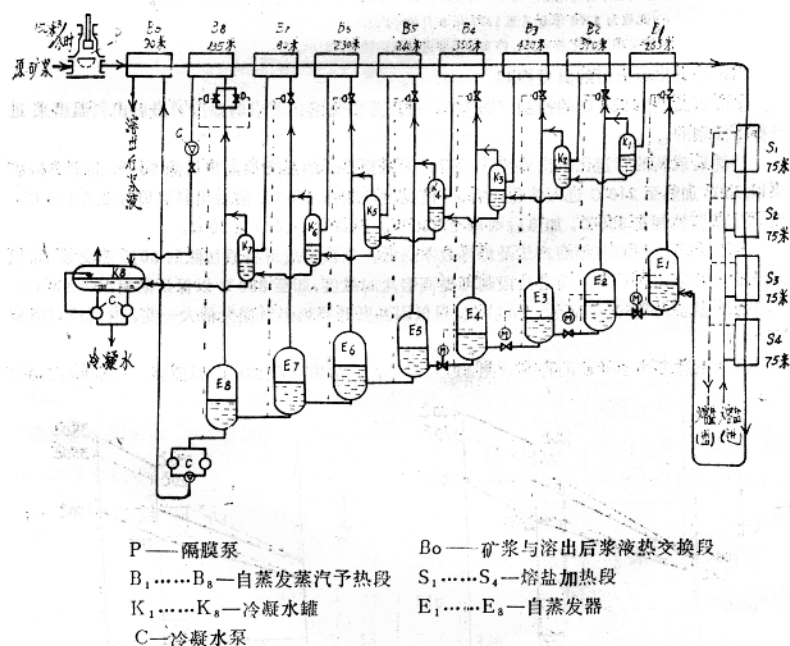


图 12. 利泊氧化铝厂 RA-5 自蒸发器式管道化溶出器

①管道总长度: 2585米
 内矿浆热交换段 (B₀) 90米