

中等专业学校教学用书

氧化铝生产

B. A. 馬 泽 里 著

业出版社

463
12

蘇聯中等專業學校教學用書

氧化鋁生產

B. A. 馬澤里 著

冶金工業部前有色金屬工業管理局編譯科 譯

冶金工業出版社

1101057

~~1101057~~

DS98/15

本書系根据苏联国立黑色及有色冶金科技書籍出版社出版的博士B.A. 馬泽里教授著“氧化鋁生产”1955年版譯出。原書經苏联冶金工业部教育司审定为中等冶金专业学校教科書。

本書中詳尽地敘述了氧化鋁生产的原料、半成品和最終产品的性質，介紹了氧化鋁生产的理論基础，研討了許多标准的工艺流程，論述了氧化鋁生产中采用的各种設備構造及其操作原理，并概略地敘述了生产組織。書中有一章是关于課程設計及毕业設計問題的方法上的指示，并在附录中引述了教学設計时必需的主要参考資料。

本書为冶金工业部有色金屬工业管理局技术处編譯科陈恒庆等根据B.A.馬泽里著1950年版本翻譯原稿修訂。原参加本書翻譯工作的还有徐珍娥、沈元昌、曹培明、韓蕓諸同志。承陈岱工程师等进行技术校对，又蒙馬傳彪工程师提供改正意見，特致謝忱。

氧化鋁生产

編輯：李建国

冶金工业部前有色金屬工业管理局編譯科 譯

設計：魯芝芳 錦晶石 校对：王坤一

1959年3月第一版

787×1092-1/25·360,000字

中央民族印刷厂印

1959年3月北京第一次印刷 6,500册

印张16¹⁰/₂₅ 定价 1.70 元

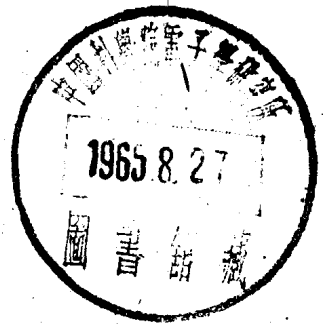
新华書店发行

書号 1146

冶金工业出版社出版（地址：北京市灯市口甲45号）

北京市書刊出版业營業許可証出字第093号

目 录



前 言	11
第一章 鋁的性質及其應用範圍	13
§ 1. 鋁及其合金的性質	13
§ 2. 鋁及其合金的應用範圍	13
§ 3. 蘇聯的鋁和氧化鋁生產發展史	14
第二章 鋁礦石	17
§ 1. 含鋁的礦物	17
§ 2. 鋁礬土及其成因	18
§ 3. 蘇聯的鋁礬土	19
§ 4. 鋁礬土的标准	21
§ 5. 外國的鋁礬土礦床	22
§ 6. 霞石、霞石正長岩	24
§ 7. 明礬石	24
§ 8. 粘土、煤灰	25
§ 9. 氧化鋁生產用各種原料的比較	25
第三章 鋁及其伴生元素的化合物	27
§ 1. 無水氧化鋁及含水氧化鋁的性質	27
§ 2. 鈉和鉀的鋁酸鹽；鋁酸鹽溶液	29
§ 3. 鈣的鋁酸鹽	30
§ 4. 鋁酸鹽溶液的性質	31
§ 5. $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系	34
§ 6. 鋁酸鹽溶液的安定性	36
§ 7. 硅酸鈉；鋁硅酸鈉	39
§ 8. 硅酸二鈣	40
§ 9. 鉄酸鈉	41
第四章 氧化鋁生產方法的一般概念	42
§ 1. 電解煉鋁涉及其對氧化鋁質量的要求	42

1101057

§ 2. 氧化铝生产的主要方法	44
第五章 原料的准备	46
一、固体物料的破碎	46
§ 1. 作业的目的	46
§ 2. 破碎比的概念	46
§ 3. 颚式破碎机	47
§ 4. 圆锥破碎机	48
§ 5. 对滚破碎机	50
§ 6. 鏈式破碎机	51
§ 7. 球磨机工作的理论基础; 球磨机的各种类型	53
§ 8. 湿式球磨机; 分级机	56
§ 9. 棒磨机	59
§ 10. 多仓管磨机	61
§ 11. 破碎粉磨机組的维护	62
二、物料的配合与混合	63
§ 1. 配合与混合作业的目的	63
§ 2. 固体和液体容量配合的装置	64
§ 3. 重量配料器	66
§ 4. 混合设备	67
三、原料准备的概略设备系統	68
§ 1. 原料仓和破碎设备	68
§ 2. 燒結所用生料的配料、磨碎和混合的概略系統	72
第六章 拜耳法	76
一、拜耳法概論	76
§ 1. 簡 史	76
§ 2. 拜耳法的一般工艺流程	76
§ 3. 从 $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系的平衡状态看拜耳法	79
§ 4. $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系中浸出和搅拌分解过程的速度	82
§ 5. 硅和铁的化合物在拜耳法中的作用; 氧化铝的化学实收率 及硷的單位消耗量	83
§ 6. 铁的化合物以及“微量杂质”(钒及其它)在拜耳法中的 作用	85

§ 7. 碳酸化合物的作用; 碳酸化合物的苛性化作用	86
§ 8. 有机化合物的作用	86
§ 9. 杂质的积累和由过程中排除杂质的机理	87
§ 10. 拜耳法中主要技术经济指标的概念; 氧化铝浸出率、硷的 单位消耗量、循环效率	89
二、拜耳法中的原料制备	92
三、拜耳法铝矾土分解作业的化工原理	93
§ 1. 拜耳法铝矾土的浸出——硷溶液中氧化铝的饱和过程; 浸 出速度的概念	93
§ 2. 铝矾土浸出的计算公式	94
§ 3. 铝酸钠溶液最小(平衡)苛性化系数和最适宜的 (实际的)苛性化系数的概念	96
§ 4. 影响铝矾土分解速度和分解时间的因素	97
§ 5. 铝矾土的可溶性; 影响可溶性的因素	99
§ 6. 铝矾土的破碎比和预先焙烧在浸出时的作用	100
§ 7. 石灰在铝矾土浸出时的作用	101
§ 8. 氧化硅在铝矾土浸出过程中的性状	102
§ 9. 鉴定铝矾土可溶性的工艺试验	103
§ 10. 不同产地铝矾土的浸出实例	104
四、拜耳法中铝矾土蒸煮作业及压煮矿浆稀释作业的工艺 设备配置	105
§ 1. 铝矾土蒸煮作业和压煮矿浆稀释作业的主要设备系统	195
§ 2. 压煮器的作用原理	107
§ 3. 压煮器的构造; 加热压煮器用的蒸汽消耗量的计算	108
§ 4. 压煮矿浆的卸出和冷却; 自蒸发器的构造	111
§ 5. 压煮作业的热工计算	112
§ 6. 连续浸出的压煮设备; 外预热器的构造和计算	115
§ 7. 压煮作业中蒸汽的消耗量及减少消耗的方法	117
§ 8. 压煮设备的生产能力	118
§ 9. 铝矾土浸出作业的生产控制	119
五、铝酸钠溶液与赤泥的分离	120
§ 1. 作业的目的和设备的配置	120

§ 2. 赤泥的沉降性; 影响沉降性的因素	121
§ 3. 濃縮槽的構造	123
§ 4. 赤泥在沉降槽系統中的逆流洗滌	125
§ 5. 濃縮槽的操作; 其操作中的故障	126
§ 6. 臥式离心分离机	127
§ 7. 框式压濾机	128
§ 8. 加压叶濾机	130
六、鋁酸鈉溶液攪拌分解作业的化工原理	131
§ 1. 拜耳法过程中鋁酸鈉溶液分解作业的意义; 对氫氧化鋁和母液的要求	131
§ 2. 攪拌分解过程的原理; 种子的作用	132
§ 3. 攪拌分解的氧化鋁理論实收率和实际实收率的概念	133
§ 4. 影响溶液分解速度和所得氫氧化鋁粒度的因素	134
§ 5. 氫氧化鋁的純度	140
七、鋁酸鈉溶液攪拌分解作业的设备与工艺配置	141
§ 1. 攪拌分解处理阶段的主要设备系統	141
§ 2. 連續式和間歇式攪拌分解法的特点	142
§ 3. 攪拌分解鋁酸鈉溶液用的设备裝置	143
§ 4. 氫氧化鋁的分級	144
§ 5. 氫氧化鋁的濃縮和洗滌	145
§ 6. 攪拌分解处理阶段的生产檢查	146
八、氫氧化鋁的過濾; 真空過濾机的構造和操作	147
§ 1. 真空過濾机的作用原理和裝置系統	147
§ 2. 外濾式(轉筒、盤式)真空過濾机	148
§ 3. 內濾式轉筒真空過濾机	152
§ 4. 濃縮過濾机	153
§ 5. 過濾机的生产能力	154
九、母液的蒸发及苏打的苛性化	156
§ 1. 作业的意义; 水、苏打和有机化合物的流轉物料平衡	156
§ 2. 蒸发母液时苏打和有机化合物的性狀	157
§ 3. 真空蒸发原理; 蒸汽的一次和多次利用	158
§ 4. 蒸发器的構造	161

§ 5. 苏打与返回液的分离及其苛性化	163
十、氢氧化铝的焙烧	164
§ 1. 氢氧化铝与煨烧的关系; 焙烧的良好温度	164
§ 2. 焙烧处理的工艺设备流程	166
§ 3. 迴轉窑的裝置	167
§ 4. 焙烧窑燃烧部分的设备	170
§ 5. 焙烧氧化铝的风动运输	172
§ 6. 氧化铝焙烧窑气体的除尘	173
十一、浸出铝矾土的苏打-石灰流程	178
§ 1. 流程的实质	178
§ 2. $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 系平衡状态图	179
§ 3. 从 $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 系 平衡状态图看苏打-石灰方案	180
§ 4. 苏打-石灰浸出铝矾土流程的应用范围	181
第七章 燒結法	183
一、燒結法的一般特性	183
§ 1. 燒結法的基本原理及其发展史	183
§ 2. 处理铝矾土时燒結法的一般工艺流程	184
§ 3. 处理霞石原料的燒結法的一般工艺流程	187
二、铝酸钠生料(铝矾土生料、霞石生料等)燒結时熟料 形成的机理	190
§ 1. 生料燒結时熔体的結晶和在固体状态下的反应作用	190
§ 2. 固体状态下相互作用	190
§ 3. 熔体的結晶过程	192
§ 4. 多孔性熟料、近熔熟料及熔融熟料的組成机理	199
§ 5. 迴轉窑內結圈和結壁の机理; 燒成和軟化温度范围的概念	200
§ 6. 铝酸钠生料燒結过程中所发生变化的研究方法	201
三、铝矾土与苏打和石灰石燒結作业的化工原理	202
§ 1. 生料的組成部分与加热的关系	202
§ 2. 燒結时 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{Na}_2\text{CO}_3$ 系的相互作用 Al_2O_3 与 Na_2CO_3 之間的相互作用	203

§ 3. 无石灰的苏打铝矾土生料	207
§ 4. 燒結时 Al_2O_3 — Fe_2O_3 — SiO_2 — CaO 系的相互作用	208
§ 5. 化学計量飽和的苏打石灰铝矾土生料	210
§ 6. 含低量苏打的苏打石灰铝矾土生料 (常飽和生料)	212
§ 7. 燒結时影响生料性狀和熟料質量的因素	213
§ 8. 燒結用各种类型生料的比較	217
四、霞石加石灰石燒結作业的化工原理	217
§ 1. Al_2O_3 — K_2CO_3 系的相互作用	217
§ 2. 在高溫区域内霞石与 CaCO_3 之間的相互作用	218
§ 3. 燒結时溫度对霞石生料与所得熟料質量的影响	219
§ 4. 燒結延續時間、原始物料的磨細粒度与数量比以及 其中存在的雜質对霞石生料燒結过程的影响	221
五、燒結作业的工艺設備配置	223
§ 1. 粉狀物料热处理的設備	223
§ 2. 燒結生料迴轉窯的类型及其裝置的特点	227
§ 3. 迴轉窯的进料	228
§ 4. 煤粉的燃燒	229
§ 5. 窑气的除尘; 濕式洗滌塔及电收尘器的裝置	230
§ 6. 铝矾土与霞石生料燒結窑內溫度帶的划分	231
六、燒結迴轉窯的热平衡	232
§ 1. 制定迴轉窯热平衡的目的	232
§ 2. 燒結迴轉窯內的热收入和支出的主要項目; 燒結时理論热 支出的概念	233
§ 3. 生料分解的揮发物数量的計算; 燒結生料时发生之化学反 应的定量計算	234
§ 4. 燃料燃燒产物数量与組成的計算	235
§ 5. 燒結迴轉窯的热平衡計算示例	237
七、燒結迴轉窯的照应	240
§ 1. 开窑及停窑	240
§ 2. 生料燒結作业工艺过程的管理; 生产檢查	241
§ 3. 窑在运轉中的故障和事故; 預防和排除故障和 事故的措施	244
§ 4. 影响燃料消耗量及燒結窑生产量的因素	246

§ 5. 迴轉窯操作的自動調整問題	247
八、生料燒結的標準裝置示例	248
§ 1. 生料燒結裝置的標準流程(鋁矾土生料或霞石生料)	248
§ 2. 生料(鋁矾土生料和霞石生料) 燒結時流轉物料的概略特性	249
九、熟料的破碎及粉碎	251
十、熟料浸出作業的化工原理	252
§ 1. 浸出時鈉、鉀的鋁酸鹽與矽酸鹽的性狀	252
§ 2. 浸出時矽酸二鈣的性狀; 氧化矽進入鋁酸鈉溶液中的根源	252
§ 3. 矽酸二鈣及鋁酸鈉共存於熟料中時的性狀	254
§ 4. 熟料浸出時有用組份一次損失與二次損失的概念	256
§ 5. 浸出熟料時影響二次損失發展的因素	256
§ 6. 熟料浸出的最適宜條件	257
十一、熟料浸出作業的設備工藝配置	258
§ 1. 在攪拌槽內細碎熟料的浸出	258
§ 2. 與濕磨同時進行的熟料浸出	259
§ 3. 細碎熟料浸出時赤泥與溶液的分离	260
§ 4. 以連續法浸出熟料; 滲濾器及其構造	260
§ 5. 熟料浸出及溶液與赤泥分离方法的比較	265
十二、鋁酸鈉溶液的脫矽作業	267
§ 1. 脫矽作業的實質	267
§ 2. 無化學添加物的鋁酸鈉溶液的脫矽	268
§ 3. 有化學添加物時的脫矽	269
§ 4. 于壓煮器內和在大大氣壓下的脫矽	270
十三、熟料浸出及鋁酸鈉溶液脫矽的標準裝置范例	271
§ 1. 細磨熟料的浸出	271
§ 2. 塊狀熟料的浸出	273
§ 3. 鋁酸鈉溶液于壓煮器內的脫矽	273
§ 4. 濕法處理熟料時流轉物料的概略性能	275
十四、鋁酸鈉溶液的碳酸化分解	277
§ 1. 碳酸化法的實質	277

§ 2. 影响碳酸化产品质量的因素	279
§ 3. 氧化铝生产用的碳酸化法	281
§ 4. 碳酸化分解槽, 槽的构造与操作	283
§ 5. 供给碳酸化分解槽的二氧化碳的来源; 透平鼓风机的构造	284
§ 6. 氢氧化铝的分离与洗涤	285
§ 7. 碳酸化作业的热平衡	285
§ 8. 碳酸化分解时热蒸汽的消耗量及水的平衡	286
§ 9. 铝酸钠溶液碳酸化分解用的标准设备示例	288
十五、由母液再生苏打	288
十六、用硫酸钠代替烧结过程中的苏打	290
第八章 拜耳烧结联合法	293
一、平行方案	293
§ 1. 平行方案的实质	293
§ 2. 联合法平行方案二系统对比的计算	295
二、串联方案	296
§ 1. 串联方案的实质	296
§ 2. 联合法串联方案二系统对比的计算	298
第九章 碱法明矾石制氧化铝	300
第十章 用高岭土、粘土、煤灰及其他铝硅酸盐制取氧化铝	304
§ 1. 高岭土、粘土、煤灰是制取氧化铝的原料	304
§ 2. 石灰石烧结法	305
§ 3. 酸法	309
第十一章 庫茲涅佐夫——茹科夫斯基熔渣法生产氧化铝	312
§ 1. 本法的实质	312
§ 2. 本法的设备和工艺流程	312
第十二章 生产技术检查方法概论	315
§ 1. 技术检查的任务	315
§ 2. 正确取样的意义; 平均试样与一次试样	315
§ 3. 取样的自动化	316

§ 4. 物料的篩析	317
§ 5. 漿液固液比的測定	318
§ 6. 物料体积和重量的測定；气体速度的測定	328
§ 7. 气体的分析；自动气体分析器	321
§ 8. 气体含尘率的測定	322
§ 9. 控制和計算的自动化	323
§ 10. 自动調整	327
第十三章 氧化鋁車間的安全技术	333
§ 1. 車間行政在劳动保护工作中的作用	333
§ 2. 企业安全技术总則	333
§ 3. 各个工段的安全技术規則	335
第十四章 生产組織	337
§ 1. 生产組織的任务	337
§ 2. 氧化鋁車間生产管理組織	337
§ 3. 氧化鋁工业生产車間内部的組織系統；各工段間的相互 关系	338
§ 4. 技术定額	338
§ 5. 生产計劃	340
§ 6. 技术表报	341
§ 7. 技术檢查的組織	342
§ 8. 修理作业組織	344
§ 9. 氧化鋁車間的工資制度	344
§ 10. 生产过程的自动化	346
§ 11. 生产成本及贏利	346
第十五章 課程設計及毕业設計概論	351
一、在方法上的主要指示	351
§ 1. 生产方法的选择	351
§ 2. 車間生产能力及車間配置的根据	351
§ 3. 过程的物料平衡計算	352
§ 4. 热工計算	354
§ 5. 車間主要設備型式选定的根据	354
§ 6. 輔助設備型式选定的根据	355
§ 7. 安裝設備尺寸及数量的根据；設備的机械計算	356

§ 8. 設備配置; 設計的建筑部分	357
§ 9. 产品成本的设计核算及投資計算	358
二、氧化鋁生产中物料平衡的計算方法	358
§ 1. 拜耳法	358
§ 2. 燒結法	374
附 录	385
設計参考資料	385
§ 1. 标准设备的規格; 設備能力的計算公式	385
§ 2. 热效应	391
§ 3. 某些化合物、物料及溶液的热容量	394
§ 4. 某些溶液的蒸汽压及沸点	398
§ 5. 溶液比重	399
§ 6. 某些化合物的溶解度	400
§ 7. 計算燃料燃燒过程的参考資料	402
§ 8. 通过器壁的热損失	403
§ 9. 加压操作圆柱形鋼容器的机械計算	404
§ 10. 饱和水蒸汽表	405

前 言

苏联的鋁工业是在苏維埃年代里产生与发展的。随着鋁工业的增長，服务于鋁工业的科学研究机构和設計机构也成長起来。这些机构，特别是全苏鋁鎂研究院和国立鋁工业設計院的全体工作人员在生产氧化鋁方面的工作，以及有关車間和工厂的工作，共同配合下奠定了鋁冶金中最重要的阶段——氧化鋁生产——的工艺。本書是根据苏联有色冶金部中等专业学校“氧化鋁生产”課程的教学大綱来叙述这种工艺。

如同前版（“氧化鋁生产”，苏联冶金出版社，1950年）一样，著者并不仅限于叙述生产过程工艺，而且还向学生們介紹在實踐活动中必然会接触到的那些生产过程的理論基础。

由于在教学工作中对各种工艺的計算（基本热工計算、生产过程的物料平衡計算等）具有重大意义，所以在“課程設計与毕业設計概論”一章和附录中列举了計算所必需的教學資料和參考資料。这一問題在其他各章的某些节中已曾講到。

書中包括近年来在氧化鋁生产方面所积累的新材料。相当廣泛和深入地叙述了生产自动化問題。并以足够的篇幅闡明燒結和粉狀物料在“沸騰层”焙燒处理的問題，这些問題对氧化鋁今后的发展是很有意义的。

書中也作了某些刪改。刪除了个别不甚重要的部份和已陈旧的材料（例如，“干式”燒結法），叙述比較紧凑，并尽可能不重复。由于第十和第十二章的合併，縮減了章数。

著者請求对本書的缺点提出意見和希望，以便在今后編写教材时改正。通訊地址：列宁格勒，全苏鋁鎂研究院（ВАМИ）。

В. А. 馬泽里

第一章 鋁的性質及其應用範圍

§ 1. 鋁及其合金的性質

研究鋁的性質，必須首先指出鋁的比重小（2.7），因而列入輕金屬的範疇這一點。鋁的其它重要性質是導電率高和對許多化學品有良好的抗蝕性。這些性質與足夠的機械強度相結合，就使鋁能夠應用在各種不同的工業部門中。

除純鋁外，鋁合金亦具有重大的意義。這些合金保持有鋁的主要性質（比重小），還呈現出一些新的，為純鋁所沒有或不完全具備的性質，這些性質在實際應用上都是很有價值的。鋁合金種類繁多，現在只講最普遍的兩種——硬鋁和鋁硅合金。

硬鋁是鋁與銅（3.5—4%）、鎂（0.5%）、錳（0.5%）的合金。這種輕合金的機械加工性能良好，其機械性能接近於某些鋼材。

鋁硅合金是鋁與硅（12~13%）的合金，其特點是凝固時收縮性很小。因此，鋁硅合金是用於製造質輕而機械強度高的複雜鑄件的重要鑄造合金方面。

§ 2. 鋁及其合金的應用範圍

鋁及其合金最主要的应用範圍是運輸工具的製造部門（航空工業、汽車製造、船舶及車輛製造工業），因為其基本特點——比重小，適用於這些工業範圍。

由於鋁的導電率高，在電氣工業中廣泛用來製造電纜及母線等。

對於硝酸及有機酸的抗蝕性，使鋁能用於食品工業、日常生活（鋁器皿等）及硝酸製造業中。

鋁粉也被廣泛地採用。鋁粉能迅速而強烈的燃燒，同時發出

大量的热和光，所以用来制造照明彈及信号彈等。

鋁热法是应用鋁的一个特殊部門，鋁热法的創始者是H. H. 別凱托夫（1859年）。这是一个利用鋁从难以还原的金属（如铬、錳、鎢等）氧化物中煉取金属的冶金方法。热焊接也是鋁热法的一种。

以上所列虽只是鋁的最主要的应用范围，但从这里可以看到此种金属在国民經济中的意义是何等重大。

§3. 苏联的鋁和氧化鋁生产发展史

现代所用的电解煉鋁法，早在1886年就为人所知。此法的基础是电解溶于熔融冰晶石中的氧化鋁而得到鋁。

现代电冶鋁的理論基础及工艺研究事业中的巨大作用，当归功于俄国学者П. П. 費多齐耶夫教授（1864~1934年）。他和他的学派所作的深入的科学研究是举世聞名的，并获得了公認。

化学家K. H. 拜耳于1899年发明用鋁矾土生产氧化鋁的所謂湿法，此法直到今天仍为全世界鋁工业中的主要方法。这一荣誉也是属于苏联的。

革命前的俄国沒有自己的煉鋁工业。当时也不曉得俄国有丰富的煉鋁原料。

只是在1916年俄国发现第一批主要煉鋁原料（鋁矾土）的工业矿床。探矿工程师П. H. 季莫菲耶夫在齐赫文市区内发现了他认为特殊的矿石标本。他將这些标本交給了彼得格勒地質委员会，該会将此标本鑑定为鋁矾土。

偉大的十月社会主义革命后，在齐赫文矿区开始了初次地質勘探工作，确定了它的工业意义。同时，学者們就着手对齐赫文鋁矾土作为煉鋁的可能原料而进行工艺研究。

当时世界上鋁生产中仅用低硅鋁矾土作原料。所以从国外存在过的概念来看，要用高硅的齐赫文鋁矾土在工业条件下生产純氧化鋁是完全不可能的。在苏維埃学者面前提出了解决这些問題的任务，要求能从低硅的齐赫文鋁矾土制取适于电解的氧化鋁，