

• 高等学校教学用书 •

氧化铝厂设计

符 岩 张阳春 编著



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

高等学校教学用书

氧化铝厂设计

符 岩 张阳春 编著

北 京
冶金工业出版社
2008

内 容 提 要

本书是一部全面论述氧化铝厂设计方面的高等学校教材。全书共分 13 章,在全面、系统地介绍氧化铝厂设计的基本原理、设计程序和设计内容的基础上,重点阐述了氧化铝生产方法和工艺流程的选择、主要工艺设备的选择与计算、工厂布置、产品方案及生产规模的确定、物料衡算与热量衡算的基本原理和方法、高压溶出车间及氢氧化铝焙烧车间工艺设计,并结合冶金工艺计算介绍了主要工艺设备的选型和数量计算示例,同时论述了非工艺专业设计的基本知识,包括氧化铝厂的环境影响和环境保护设计、建设项目投资概算等内容。

本书较全面地反映了目前国内外氧化铝生产技术和设计的成就及发展方向,具有较强的理论和实用价值。本书可作为高等学校冶金工程专业本科生教材、工厂科技人员培训教材,同时可作为从事氧化铝生产、设计、开发和研究的工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

氧化铝厂设计/符岩,张阳春编著. —北京:冶金工业出版社,2008. 8

高等学校教学用书

ISBN 978-7-5024-4336-8

I. 氧… II. ①符… ②张… III. 氧化铝—
化工厂—设计—高等学校—教材 IV. TQ08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 077406 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 张熙莹 美术编辑 李 心 版式设计 张 青

责任校对 侯 璐 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4336-8

北京鑫正大印刷有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008 年 8 月第 1 版,2008 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;33.25 印张;889 千字;517 页;1-3000 册

69.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

铝工业自问世以来发展十分迅速,到20世纪50年代中叶,铝的产量已超过铜而居有色金属之首,产量仅次于钢铁。1990年世界原铝产量为1600多万吨,约占世界有色金属总产量的40%,2006年世界原铝产量达到3300万t。

冰晶石-氧化铝熔体电解仍然是目前工业生产金属铝的唯一方法,每生产1t金属铝消耗近2t氧化铝。世界上90%以上的氧化铝用于生产电解铝。一百多年来,氧化铝工业得到迅速发展,2006年世界氧化铝产量达到6600万t。

现代氧化铝厂面临着科学技术快速发展、优质铝矿资源日益减少、世界能源危机日益加深、市场竞争明显加剧、清洁生产和环境保护的法律法规日趋完善而要求越来越高的挑战,因此要求所设计的氧化铝厂能够适应这种新的形势。编著者根据长期从事专业教学及科研工作的经验,特别是广泛吸取近年来有关氧化铝生产、化工设计等科技新成果和新经验编著了本书。本书全面、系统地介绍了氧化铝厂设计的基本原理、设计程序和设计内容,较全面地反映了目前国内外氧化铝生产技术和设计的成就及发展方向,具有较强的理论和实用价值。

本书是为高等学校本科生教学和企业工程技术人员培训而编写的教材。本书内容广泛,综合性、实用性强,可作为高等学校冶金工程专业教学用书,使学生了解氧化铝厂设计的程序和主要内容,掌握设计的基本方法和基本技能,培养学生综合分析和解决实际工程问题的能力。本书同时可作为企业科技人员的培训教材,还可作为从事氧化铝生产、设计、开发和研究的工程技术人员的参考书。

本书共分13章。第1、5、6、8章由东北大学张阳春和符岩合编,第2、3、4、7、10、11、13章由张阳春编写,第9、12章由符岩编写。符岩校阅定稿。张阳春教授从事氧化铝生产工艺的教学和科研工作40余年,为有色冶金专业的人才培养做出了贡献,他为本书付出了毕生的心血。范川林参加了书稿整理工作。参加书稿打字和校对工作的有张跃红、马林芝、李康建、高小立、薛红伟、田宝喜、谢绍飞、张卓、石为喜、畅永锋、郭瑞等。

东北大学翟秀静教授在审订过程中提出了宝贵意见。本书编著过程中参阅了国内外的有关文献资料,在此表示衷心感谢。

由于作者学识水平所限,书中的不足恳请读者批评指正。

编著者

2007年5月于东北大学

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	定价(元)
有色冶金炉设计手册	199.00
有色冶金工厂设计基础	24.00
冶金单元设计	35.00
有色冶金炉	30.00
氧化铝生产知识问答	29.00
氧化铝生产设备	39.00
氧化铝生产工艺	26.00
拜耳法与混联法氧化铝生产工艺物料平衡计算	14.80
2007 年中国国际铝冶金技术论坛论文集	200.00
铝用炭阳极技术	46.00
铝合金无缝管生产原理与工艺	60.00
铝合金阳极氧化工艺技术应用手册	29.00
电解铝生产工艺与设备	29.00
铝电解(第2版)	25.00
原铝及其合金的熔炼与铸造	59.00
铝阳极氧化膜电解着色及其功能膜的应用	20.00
铝电解炭阳极生产与应用	58.00
铝加工技术实用手册	248.00
预焙槽炼铝(第3版)	89.00
有色冶金概论(第2版)	30.00
有色金属冶金学	48.00
有色冶金原理(第2版)	35.00
有色冶金分析手册	149.00
轻金属冶金学	39.80
湿法冶金原理	160.00
冶金熔体和溶液的计算热力学	128.00
冶金与材料物理化学研究	50.00
冶金热力学数据测定与计算方法	28.00
冶金流程工程学	65.00
中国有色金属工业“十五”发展概览	300.00
有色金属资源循环利用	65.00
常用有色金属资源开发与加工	88.00
绿色冶金与清洁生产	49.00

目 录

1 绪论	1
1.1 氧化铝工业及铝土矿资源	1
1.1.1 氧化铝工业的发展	1
1.1.2 铝土矿资源概况	2
1.2 氧化铝厂设计的特点	3
1.3 氧化铝厂建设项目的立项和设计招标	4
1.3.1 立项	4
1.3.2 招标	5
1.4 氧化铝厂设计的作用和任务	5
1.4.1 氧化铝厂设计的作用	5
1.4.2 氧化铝厂设计的任务	5
1.5 氧化铝厂设计的原则	6
1.6 氧化铝厂设计的程序	8
1.7 氧化铝厂设计的内容	9
1.7.1 项目建议书	10
1.7.2 可行性和设计任务书	10
1.7.3 编制初步设计	14
1.7.4 编制施工图设计	16
1.7.5 工艺流程图的绘制	17
1.8 原始资料的收集	20
1.8.1 原始数据及资料	20
1.8.2 资料的来源	21
1.9 氧化铝厂设计的发展动向	21
1.10 氧化铝厂建设项目设计的组织及机构	22
1.10.1 氧化铝厂项目设计组织	22
1.10.2 氧化铝厂项目设计机构	23
1.11 设计部门与其他部门的关系	23
2 氧化铝厂厂址选择	26
2.1 厂址选择的意义和方法	26
2.2 厂址选择的原则及指标	26
2.2.1 厂址选择的原则	26
2.2.2 厂址选择的指标	29

2.3 厂址选择的程序和注意事项	29
2.3.1 厂址选择的程序	29
2.3.2 厂址选择的注意事项	32
2.4 厂址的技术经济分析	32
2.4.1 综合比较法	32
2.4.2 多因素综合评分法	32
2.5 厂址选择实例简析	34
2.5.1 山西铝厂的厂址选择	34
2.5.2 平果铝厂的厂址选择	34
3 产品方案及建设规模	36
3.1 工业氧化铝的种类及质量	36
3.1.1 氧化铝的纯度	36
3.1.2 氧化铝的物理性质	37
3.2 多品种氧化铝简介	38
3.3 我国多品种氧化铝生产概况	42
3.4 氧化铝厂生产多品种氧化铝的重要作用	45
3.5 氧化铝市场情况调查与分析	46
3.6 产品方案的论证确定	48
3.6.1 产品方案和产品组合	48
3.6.2 产品方案的评估	49
3.6.3 氧化铝产品方案的选择	50
3.7 建设规模	51
3.7.1 建设规模的含义及标志	51
3.7.2 影响建设规模的主要因素	51
3.7.3 建设规模的确定方法	54
4 生产方法和工艺流程选择	57
4.1 生产方法的选择	57
4.1.1 生产方法选择的意义	57
4.1.2 生产方法选择的步骤	57
4.2 工艺流程的选择	58
4.2.1 工艺流程选择的内容	58
4.2.2 影响工艺流程选择的主要因素	59
4.2.3 工艺流程选择的基本原则	60
4.2.4 工艺流程方案比较的方法	60
4.3 氧化铝生产方法	63
4.3.1 拜耳法	63
4.3.2 烧结法	65

4.3.3 拜耳—烧结联合法	67
4.3.4 选矿—拜耳法新工艺	70
4.3.5 石灰—拜耳法	72
4.4 拜耳法主要生产车间工艺流程	73
4.4.1 原矿浆制备	73
4.4.2 铝土矿溶出	76
4.4.3 赤泥的分离和洗涤	86
4.4.4 铝酸钠溶液的晶种分解	92
4.4.5 氢氧化铝焙烧	96
4.4.6 种分母液蒸发及一水苏打苛化	96
5 工艺过程衡算	103
5.1 物料衡算	103
5.1.1 物料衡算概述	103
5.1.2 物料衡算的作用	103
5.1.3 物料衡算计算公式	104
5.1.4 物料衡算的依据	104
5.1.5 物料衡算的基准	104
5.1.6 物料衡算的顺序	105
5.1.7 物料衡算的方法	105
5.1.8 拜耳法生产氧化铝的物料衡算示例	106
5.1.9 烧结法生产氧化铝的物料衡算示例	121
5.1.10 拜耳—烧结串联法生产氧化铝的物料衡算示例	135
5.2 热量衡算	147
5.2.1 热量衡算概述	147
5.2.2 热量衡算方程式及计算方法	148
5.2.3 常用热力学数据的计算	151
5.2.4 有效平均温差和壁温的确定	153
5.2.5 加热剂和冷却剂及其他能量消耗的计算	154
5.2.6 焓分析及其应用	156
6 工艺设备的选择与计算	165
6.1 工艺设备选择与计算的任务及依据	165
6.2 工艺设备选型与计算的原则	165
6.3 主要工艺设备的选择与计算	166
6.3.1 矿石粉碎设备	166
6.3.2 铝土矿溶出设备	170
6.3.3 赤泥的分离与洗涤设备	173
6.3.4 粗液控制过滤设备	183

6.3.5 铝酸钠溶液分解设备	185
6.3.6 氢氧化铝焙烧设备	194
6.3.7 种分母液蒸发设备	195
6.3.8 输送设备	199
7 工厂布置	203
7.1 氧化铝厂的结构和组成	203
7.1.1 氧化铝厂的结构	203
7.1.2 专业技术人员	203
7.1.3 氧化铝厂的组成	203
7.2 氧化铝厂布置的基本任务	204
7.3 氧化铝厂总平面布置	204
7.3.1 氧化铝厂总平面布置的依据和内容	204
7.3.2 氧化铝厂总平面布置的原则	205
7.3.3 厂区平面布置	207
7.3.4 厂区竖向布置	212
7.3.5 管廊布置	213
7.3.6 绿化布置	214
7.3.7 总平面布置的技术经济指标	214
7.3.8 某地区拟建 60 万 t/a 氧化铝厂的总平面布置设计方案	215
7.3.9 氧化铝厂总平面布置实例	218
7.4 车间布置	221
7.4.1 车间布置概述	221
7.4.2 车间布置设计内容和程序	221
7.4.3 厂房布置	224
7.4.4 设备布置	233
8 高压溶出车间工艺设计	247
8.1 高压溶出方法及技术条件的选择	247
8.1.1 铝土矿溶出技术的发展	247
8.1.2 几种溶出方法的优缺点	247
8.1.3 溶出流程的选择	249
8.1.4 高压溶出技术条件的选择	250
8.2 高压溶出过程的热平衡计算	251
8.2.1 高压溶出车间工艺流程	251
8.2.2 溶出矿浆的自蒸发水量	251
8.2.3 原矿浆由溶出矿浆的自蒸发蒸汽预热的温度	253
8.2.4 原矿浆由新蒸汽冷凝水预热的温度	255
8.2.5 原矿浆预热后的温度	255

8.2.6 进出各级预热器的蒸汽与矿浆的平均温度差	256
8.3 高压溶出车间主要工艺设备的选择与计算	257
8.3.1 溶出器的选择与计算	257
8.3.2 中间脱硅罐的选择与计算	262
8.3.3 预脱硅槽的选择与计算	262
8.3.4 自蒸发器的选择与计算	262
8.3.5 油压泵的计算与选择	266
8.4 高压溶出车间主要工艺设备明细	270
8.5 高压溶出车间工艺设备布置	270
8.6 高压溶出车间厂房的建筑结构	271
8.7 高压溶出车间的平面立面布置图	272
8.8 高压溶出车间的安全技术与防爆措施	273
8.8.1 安全技术	273
8.8.2 防爆措施	274
9 氢氧化铝焙烧车间工艺设计	276
9.1 氢氧化铝焙烧的目的及物理化学变化	276
9.2 氢氧化铝焙烧技术的发展	276
9.2.1 回转窑焙烧工艺	276
9.2.2 流态化焙烧工艺	278
9.2.3 几种氢氧化铝焙烧装置的性能比较	278
9.3 焙烧过程的热平衡计算	279
9.3.1 燃料的分类	279
9.3.2 燃料的成分	279
9.3.3 燃料中各成分的作用	280
9.3.4 燃料的选择	280
9.3.5 燃料燃烧计算	280
9.3.6 热平衡计算	281
9.3.7 空气消耗量	283
9.3.8 废气的数量和组成	283
9.4 氢氧化铝流态化焙烧炉设计	284
9.4.1 氢氧化铝流态化焙烧炉炉型	284
9.4.2 主要设备尺寸确定	288
9.4.3 主要部件	293
9.4.4 耐火材料	296
9.4.5 流态化焙烧炉理论计算	303
9.4.6 焙烧炉的检测与控制	309
9.4.7 国内氢氧化铝流态化焙烧炉主要结构参数及技术经济指标	309
9.5 辅助设备的选择	314

9.5.1 除尘装置	314
9.5.2 氧化铝贮存和输送设备	318
9.5.3 氧化铝包装设备	318
10 非工艺专业设计	322
10.1 工艺专业与非工艺专业的相互关系	322
10.2 土建设计	323
10.2.1 土建设计的依据	324
10.2.2 土建设计的条件	324
10.2.3 土建设计的内容	325
10.3 设备设计	325
10.3.1 设备设计的任务	325
10.3.2 非标准设备设计的内容	325
10.3.3 非标准设备设计的条件	335
10.3.4 非标准设备设计的程序	335
10.4 电气设计	336
10.4.1 概述	336
10.4.2 电气设计内容	336
10.4.3 电气设计条件	337
10.5 自控设计	338
10.5.1 自控设计的任务和原则	338
10.5.2 常用自控仪表的种类	339
10.5.3 常用自控仪表的选用	339
10.5.4 自控设计条件	348
10.5.5 自控设计的主要内容和要求	349
10.6 给排水设计	354
10.6.1 水源条件选择	354
10.6.2 给排水设计条件	356
10.7 采暖通风设计	357
10.7.1 条件选择	357
10.7.2 采暖通风设计条件	357
11 管道设计	358
11.1 管道设计基础	358
11.1.1 设计原则和内容	358
11.1.2 管道的分类与等级	359
11.2 管道及其组件的材料与规格	362
11.2.1 管道的材料与规格	362
11.2.2 管道组件的材料与规格	364

11.3 管道计算	368
11.3.1 管径和管壁厚度的确定	368
11.3.2 流槽的计算	374
11.3.3 管道压力降的计算	374
11.3.4 管道阀门和管件的选择	380
11.3.5 不同流体常用的管道材料和阀门形式	383
11.3.6 管道保温设计	384
11.3.7 管道应力分析与热补偿	388
11.4 管道布置	390
11.4.1 管道敷设的种类及管道支架	390
11.4.2 管道布置的基本要求与主要原则	394
11.4.3 管道布置图	396
11.4.4 单元设备的管道布置	407
11.4.5 烟气管道和烟囱设计	410
11.5 材料统计	413
11.6 计算机辅助设计的应用	414
12 环境保护与资源综合利用	416
12.1 氧化铝厂对环境的影响	416
12.1.1 废气和粉尘的污染	416
12.1.2 废水的污染	417
12.1.3 赤泥的污染	418
12.2 环境保护设计的原则	419
12.3 环境保护设计的主要内容和依据	421
12.3.1 环境保护设计的主要内容和深度	421
12.3.2 环境保护设计的依据	421
12.4 环境保护设计的基本要求	421
12.4.1 厂址选择与总平面布置	421
12.4.2 卫生防护距离	422
12.4.3 清洁生产	422
12.4.4 大气污染防治	423
12.4.5 水污染防治	424
12.4.6 固体废物污染防治	425
12.4.7 生态环境保护与水土保持	426
12.4.8 噪声污染防治	428
12.4.9 光污染防治	428
12.4.10 绿化设计	428
12.4.11 投资预算	428
12.5 环境污染防治措施	429

12.5.1	清洁生产措施	429
12.5.2	废气的治理措施	430
12.5.3	生产废水的治理措施	430
12.5.4	赤泥堆场及赤泥附液的污染防治措施	434
12.5.5	生态环境保护与水土保持措施	445
12.5.6	噪声污染防治措施	446
12.5.7	氧化铝厂环境监测站的设计	447
12.6	赤泥的综合利用	450
12.6.1	烧结法赤泥	450
12.6.2	拜耳法赤泥	454
12.6.3	明矾石渣	456
12.7	镓的回收	456
12.7.1	石灰法	457
12.7.2	碳酸法	459
12.7.3	汞阴极电解法	459
12.7.4	置换法	460
12.7.5	有机溶剂萃取和离子交换树脂吸附法	461
12.8	钒和铈的回收	462
13	工程经济	465
13.1	建设项目投资概算	465
13.1.1	概述	465
13.1.2	建设项目投资的组成	466
13.1.3	固定资产投资	466
13.1.4	流动资产投资	470
13.1.5	固定资产的估算法	476
13.1.6	单元设备价格估算	478
13.1.7	工程概算书的编制	480
13.2	生产成本的作用和估算	484
13.2.1	成本及其分类	484
13.2.2	成本的作用	485
13.2.3	生产成本估算	486
13.2.4	每吨氧化铝的成本估算及分析	488
13.3	经济评价	490
13.3.1	建设项目财务评价的主要指标	490
13.3.2	项目财务评价的基本报表	492
13.3.3	综合技术经济指标	492
13.4	企业组织机构与劳动定员	493
13.4.1	企业组织机构	493

13.4.2 劳动定员	496
附 录	502
附录1 我国六大氧化铝厂概况	502
附录2 常用标准代号及设计规范	505
附录3 流程图中常用设备符号	508
附录4 我国各省(区)铝土矿资源分布概况	510
附录5 我国铝土矿的矿床类型及化学成分	511
附录6 中国主要地区的气象资料	512
参考文献	516

1 绪 论

1.1 氧化铝工业及铝土矿资源

1.1.1 氧化铝工业的发展

氧化铝是炼铝的基本原料,冰晶石-氧化铝熔体电解仍然是目前工业生产金属铝的唯一方法,每生产1 t金属铝消耗近2 t氧化铝。世界上90%以上的氧化铝用于生产电解铝,氧化铝工业的盛衰主要取决于电解铝工业的发展状况。

电解炼铝以外使用的氧化铝称之为非冶金用氧化铝或多品种氧化铝。世界上多品种氧化铝的开发十分迅速,并已在电子、石油、化工、耐火材料、精密陶瓷、军工、环境保护及医药等许多高新技术领域获得了广泛的应用。目前多品种氧化铝达300多个品种。

1894年世界上第一个拜耳法生产氧化铝的工厂投产,日产氧化铝量仅1t。一百多年来,随着世界对金属铝需求量的增加,氧化铝工业得到迅速发展,1995年全世界已有68个氧化铝厂在生产,生产冶金用氧化铝4740万t,产出多品种氧化铝369万t,合计5109万t。2001年世界氧化铝总产能已达6100万t,氧化铝产量达到4850万t,2006年氧化铝产量达到6600万t。近十年世界和我国的氧化铝、原铝产量情况见表1-1。

表 1-1 1996~2006 年世界和我国氧化铝、原铝产量统计

项 目	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
世界氧化铝产量/万 t	4084.1	4239.7	4504.3	4578.4	4811.9	4848.8	4978.5	5259.1	5487.2	5615.7	6600
我国氧化铝产量/万 t	254.6	293.6	334.0	383.7	432.8	474.7	545.0	611.2	698.0	853.6	1300
世界原铝产量/万 t	2084.0	2180.0	2255.6	2368.6	2441.8	2443.6	2607.6	2800.5	2992.3	3189.5	3335
我国原铝产量/万 t	177.1	203.5	233.6	259.9	279.4	337.1	432.1	554.7	667.1	780.6	880

目前,世界上生产氧化铝的国家有30余个,氧化铝厂85座。主要集中在澳大利亚、美国、巴西、中国和俄罗斯,这5个国家氧化铝产能占世界总产能的70%左右,其中澳大利亚铝土矿资源得天独厚,氧化铝产能占世界总产能的25%左右。全球氧化铝厂中规模在100万t/a以上的有30家,生产能力占全球总产能的50%以上,其中300万t/a以上的3家均在澳大利亚(格拉斯通(Gladstone)氧化铝厂,产能365万t/a;宾加拉(Pinjarra)氧化铝厂,产能320万t/a;沃斯利(Worsley)氧化铝厂,产能310万t/a)。世界氧化铝的生产经营主要集中在6家跨国企业集团手中,其中美铝和加铝控制了全球30%以上的氧化铝生产能力。

氧化铝工业的快速发展促进其生产技术和装备水平不断提高,工厂规模不断扩大(最大规模达到365万t/a),生产工艺不断改进,使生产设备日益大型化和高效化。例如,溶出设备的单台容积已达到420 m³,分解槽单台容积达到4500 m³,单层沉降槽直径达30~40 m,真空式赤泥过滤机过滤面积达100 m²,叶滤机过滤面积达400 m²等。以现代微机为基础的自动监控装置和计算机管理系统的应用,使能耗和劳动力消耗大幅度降低,生产成本下降。从20世纪50年代初

期至 2000 年,每吨氧化铝综合能耗从 30 GJ 降至 9 ~ 12GJ,人工消耗由 10 工时降为 0.9 ~ 1.2 工时。

我国氧化铝工业是从 1954 年 7 月山东铝厂投产开始的,之后陆续建成郑州铝厂、贵州铝厂、山西铝厂、中州铝厂和平果铝厂,形成了六大氧化铝工业基地,其基本情况见表 1-2,详细情况见附录 1。

表 1-2 我国六大氧化铝厂基本情况

厂 名	生产方法	投产时间	2002 年产量/万 t	2003 年产量/万 t	2003 年碱耗 ^① /kg	综合能耗 ^② /GJ
山东铝厂	烧结法为主	1954 年	84.9	95.0	81.2	36.7
郑州铝厂	混联法	1965 年	127	137.5	63.0	29.4
贵州铝厂	混联法	1978 年	65.5	75.2	68.1	38.2
山西铝厂	混联法	1987 年	136.7	141.6	58.2	33.7
中州铝厂	烧结法为主	1992 年	80.5	85.1	62.3	40.1
平果铝厂	拜耳法	1995 年	45.1	68.9	64.5	12.6
总 计			539.7	603.3		

① 碱耗指生产 1 t 成品 Al₂O₃ 的碱耗量;
② 综合能耗是指生产 1 t 成品 Al₂O₃ 的能耗。

自 1954 年起始以来,我国氧化铝产量基本上以每十年翻一番的速度高速发展,特别是进入 21 世纪以来,氧化铝产量增长更加迅猛,2000 年产量突破 400 万 t,2002 年产量突破 500 万 t,2005 年产量突破 800 万 t,2006 年产量突破 1300 万 t。我国氧化铝产量增长情况见表 1-3。

表 1-3 我国氧化铝产量增长情况

年 份	1954 年	1966 年	1970 年	1980 年	1990 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
产量/万 t	3.5	45.8	52.7	85.5	146.4	383.7	432.8	474.7	545.0	611.2	698.0	853.6

我国氧化铝工业经过几十年的发展,现已进入快速增长期。为了解决氧化铝供不应求矛盾,多年来国内原有氧化铝厂进行改扩建,中铝公司所属 6 座氧化铝厂生产规模,从 630 万 t/a 扩建到 940 万 t/a,新增 310 万 t/a,其中山西铝厂新增 80 万 t/a,郑州铝厂新增 70 万 t/a,平果铝厂、山东铝厂、贵州铝厂和中州铝厂各新增 40 万 t/a。目前这些改扩建工作已基本完成,并顺利投入生产。

据不完全统计,当前除中铝公司外,在建和拟建氧化铝项目有 25 个,规划总规模 2380 万 t/a,其中一期建设总规模便达到了 1400 万 t/a,目前已有晋北铝业、中美铝业、开曼铝业、义翔铝业、阳泉铝业等氧化铝厂建成投产,其余项目也将于两三年内建成,开创了我国铝工业发展史上最辉煌年代,也将改变我国氧化铝依赖进口和受制于人的局面。2005 年全国生产氧化铝 853.6 万 t,其中中铝公司所属 6 家氧化铝厂共生产 787 万 t。2006 年上半年全国生产氧化铝 563 万 t,其中中铝公司生产 470 万 t,公司外企业生产 93 万 t。可以看出中铝外企业氧化铝产量增加迅猛。预计 2006 年全国氧化铝产量将达到 1300 万 t,其中铝公司将达到 900 万 t,中铝公司以外企业将达到 400 万 t。

我国氧化铝工业从 1954 年起始,历经 50 多年的发展,不仅氧化铝产量剧增,而且技术水平也取得了巨大的进步:烧结法的熟料强化烧结技术和熟料溶出技术、拜耳法的强化溶出技术、管道化溶出技术等,使我国一水硬铝石生产氧化铝工艺技术达到了世界先进水平。

1.1.2 铝土矿资源概况

铝在地壳中的平均含量为 8.8%,但目前铝的可利用矿产资源仅为铝土矿、霞石和明矾石,

而 95% 以上的氧化铝是从高品位的铝土矿提取的。就全球范围来看,铝土矿资源丰富,人类并不缺少铝土矿资源,目前全球可用来生产氧化铝的铝土矿储量有 240 亿 t,储量基础 350 亿 t,按现有生产规模计算可保证开发近 200 年。但中国铝土矿资源不丰富,保障程度只有十几年,远不能满足发展需要。全球铝土矿资源量估计约 550 亿 ~ 750 亿 t,其中,南美 33%、非洲 27%、亚洲 17%、大洋洲 13%、其他地区(北美、欧洲)10%。世界铝土矿储量分布见表 1-4。

表 1-4 世界铝土矿储量分布

(亿 t)

国家或地区	储 量	储量基础	国家或地区	储 量	储量基础
几内亚	74.0	86.0	圭亚那	7.0	9.0
澳大利亚	38.0	74.0	苏里南	5.8	6.0
巴 西	39.0	49.0	委内瑞拉	3.2	3.5
牙买加	20.0	25.0	俄罗斯	2.0	2.5
印 度	7.7	19.0	其 他	41.0	47.0
中 国	7.2	20.0	世界总计	240.0	350.0

国内外铝土矿的组成特点:世界铝土矿大多是三水铝石型($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)或三水铝石—一水铝石混合型,仅中国、俄罗斯、希腊等少数国家有一水硬铝石型铝土矿,因此大多都采用拜耳法生产氧化铝。

我国共探明近 300 处铝土矿区,铝土矿资源已知储量达 13.86 亿 t,工业储量约 5.6 亿 t。其中价值高的可作耐火材料的高铝低铁铝土矿资源已知储量占 30%,应当充分合理利用。我国铝土矿分布高度集中,主要分布在山西、贵州、河南和广西,其储量占全国总储量的 90%。已查明的铝土矿矿床以大、中型为主,储量大于 2000 万 t 的大型矿床拥有的储量占全国总储量的 47.3%,储量在 500 万 ~ 2000 万 t 之间的中型矿床拥有的储量占全国总储量的 37.6%。

我国铝土矿绝大多数为高铝、高硅、低铁的一水硬铝石-高岭石型矿石,铝硅比多在 4 ~ 7 之间(但也有一定数量的铝硅比大于 9 的高质量矿石)。矿石中主要矿物为一水硬铝石、高岭石和多水高岭石,其中一水硬铝石占 50% ~ 60%,高岭石和多水高岭石占 30% ~ 40%;次要矿物为石英、云母、绿泥石、方解石、针铁矿、少量的赤铁矿和硫化物。我国铝土矿矿区矿石的主要化学成分见表 1-5。

表 1-5 我国铝土矿矿区矿石的主要化学成分

省 份	矿 石 类 型	化学成分(质量分数)/%			铝硅比 A/S	占全国铝土矿量 比例/%
		Al_2O_3	Si_2O_3	Fe_2O_3		
广 西	铁—一水硬铝石	58 ~ 60	5.0 ~ 6.0	15.0 ~ 17.0	9.9	12.2
贵 州	高岭石—一水硬铝石	67 ~ 68	8.8 ~ 11.1	2.2 ~ 3.0	6.1 ~ 7.8	18.1
河 南	高岭石—一水硬铝石	64 ~ 71	7.5 ~ 13.7	3.0 ~ 5.1	4.7 ~ 9.4	16.4
山 东	高岭石—一水硬铝石	54 ~ 61	15.0 ~ 22.0	5.0 ~ 9.0	3.7 ~ 3.9	3.8
山 西	高岭石—一水硬铝石	63 ~ 65	2.0 ~ 3.0	11.0 ~ 13.0	5.0 ~ 5.6	16.0

1.2 氧化铝厂设计的特点

由于氧化铝生产的原料性质、工艺条件、技术要求的特殊性给设计带来的影响,使得氧化铝厂设计除具有一般工程设计的共同点外,还形成了如下特点:

(1) 政策性强。氧化铝厂是资源密集型、资金密集型企业,是以大量的自然资源(铝土矿、