


200kA

预焙铝电解槽  
生产技术与实践

戴小平 吴智明 主编

 中南大学出版社

# 200kA 预焙铝电解槽生产技术与实践

戴小平 吴智明 主编

中南大学出版社

---

**图书在版编目(CIP)数据**

200kA 预焙铝电解槽生产技术与实践/戴小平,吴智明主编.  
—长沙:中南大学出版社,2006.7  
ISBN 7-81105-354-3

I.2... II.①戴...②吴... III.氧化铝电解-预焙电  
解槽-生产 IV.TF821.327

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 044046 号

---

**200kA 预焙铝电解槽生产技术与实践**

戴小平 吴智明 主编

- 
- 责任编辑 秦瑞卿  
 责任印制 汤庶平  
 出版发行 中南大学出版社  
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083  
发行科电话:0731-8876770 传真:0731-8710482  
 印 装 中南大学湘雅印刷厂
- 

- 开 本 787×1092 1/16  印张 21.5  字数 529 千字  
 版 次 2006 年 9 月第 1 版  2006 年 9 月第 1 次印刷  
 书 号 ISBN 7-81105-354-3/TF·008  
 定 价 46.00 元
- 

图书出现印装问题,请与经销商调换

## 《200kA 预焙铝电解槽生产技术与实践》编委会

主 编:戴小平 吴智明  
副主编:周新林 丁心耿 徐卫东  
编 委:马晓琴 陈蒲明 李启林 马进德 陈富川 王智堂  
赵振明 周 虹 边韩国 邢朝东 万秀丽 熊增彩  
郭俊鹏 张发宝 周 海 路鹏国 赵西顺 张 勇  
李凌云 杜青树 杨 玲 曲远设 王冰娜 魏国平  
张机琴 景 岩 龙 维 陈 彦 赵有旺 王红梅  
王 琳 祁宗斌 刘玉海 王献合 刘伟元 王 雄  
齐瑞云 邹 龙 梁继军 柴永辉 祁盛义 白国峰

## 序

中国铝业青海分公司是中国铝业股份有限公司唯一一家专业化电解铝厂，也是我国目前最大的电解铝厂。青海铝厂 160kA 中间下料预焙槽是 20 世纪 80 年代我国第一个在消化吸收了贵州铝厂引进“日轻”20 世纪 70 年代中期大型预焙槽技术的基础上自行设计制造的预焙槽，中国大型预焙铝电解槽就是从该槽型起步发展的。200kA 预焙槽是在 160kA 预焙槽的基础上优化设计的四端进电的电解槽，该槽型技术成熟“三场”设计合理，具有较好的技术经济指标。

中国铝业青海分公司第三期(2000 年)兴建了 200kA 预焙铝电解槽，系列设计年产 14 万吨，经过 5 年多的生产运行，加上 160kA 预焙槽 20 年的生产实践，培养了一批实践经验丰富的工程技术人员和大量铝电解生产操作人员，为我国铝工业的发展做出了贡献。《200kA 预焙铝电解生产技术与实践》是中国铝业青海分公司第三期广大工程技术人员，自 2000 年投产以来，不断探索、总结 200kA 预培铝电解生产、技术、管理方面经验后编写的一本专门著作。

由于编者全部来自电解生产一线的工程技术人员，书中难免有缺失、疏漏及值得商榷之处，但本书仍不失为铝电解工作者的良师益友。

中国铝业青海分公司总经理、教授级高工



2005 年 12 月

# 前 言

介绍 160kA 中心下料预焙铝电解槽的书不少,但专门介绍当今 200kA 中心下料预焙铝电解槽的书较少,为了填补 200kA 以上大型预焙铝电解槽生产实践方面的资料匮乏、查找相关资料困难的空白,中国铝业青海分公司第三期的广大工程技术人员萌发了写书的意图,经过半年多的精心策划、筹备和组织,在繁忙的工作之余,完成了《200kA 预焙铝电解生产技术与实践》一书。本书主要介绍了 200kA 预焙铝电解槽生产实践与管理方面的一些经验和技術。

中国铝业青海分公司第三期工程,隶属于青海分公司第三电解厂,采用 200kA 中间下料预焙阳极电解槽,设计年产能 14 万吨,2002 年前建成 5.5 万吨并投产,2002 年建设了 8.5 万吨,形成了一个系列,并于 2005 年 9 月顺利达产 14 万吨。本书是对 200kA 中间下料预焙阳极电解槽投产五年多来在生产技术管理方面摸索过程中实践经验的总结。

本书最大的特点就是紧密联系实际,主要包括 200kA 大型预焙铝电解槽焙烧、启动及后期的技术管理、正常生产阶段的技术条件的保持与管理、烟气净化、铝锭铸造技术与管理等方面的内容。其中还涉及到我分厂近几年来所取得的一些成果和专利,如二次启动、电流强化、焦粒焙烧优化工艺、低效应系数控制与管理等先进技术,有的技术已达到国内领先水平。

另外,本书还对铝电解生产过程中所涉及的安全、环保、绩效考核等也作了一定的阐述。希望对企业管理者能有所帮助,能对中国铝工业的发展做出微薄的贡献。

限于编者水平,书中缺点错误在所难免,恳切希望批评指正。

编 者  
2005 年 12 月

# Prelude

CHINALCO Qinghai Branch is the unique and largest smelter specialized in aluminium electrolysis domestically up to now. Qinghai Branch is the first civil enterprise to design and manufacture 160kA prebaked electrolysis pots with middle-feeding style in China individually on the basis of digesting and absorbing the “Japanese Light Metal” large-scale prebaked pot technology imported by Guizhou Aluminium Smelter at the medium of 1970’s. It’s origin for large-scale prebaked aluminium electrolysis pot development. The 200kA prebaked aluminium electrolysis pot with four-end power feeding is formed through design optimization of 160 kA prebaked aluminium electrolysis pot. It is mature in tank-type and reasonable in three fields as well as with high technical&economical targets.

Qinghai Branch built 200 kA prebaked pots in 2000 for its three phase potlines with designed capacity of 140000 tons of aluminium ingot annually. A batch of experienced technical personnel and a plenty of operational workers were cultivated through five years production practice of 200 kA prebaked pot and more than 20 years operation of 160 kA prebaked pot. They have contributed to Chinese aluminium industry development. ‘Production Technology and Practice of 200 kA Prebaked Aluminium Electrolysis Pot’ was compiled by vast technical personnel of three phase potlines through continuous exploration and experience conclusion on production, technology and management of prebaked aluminium electrolysis pot since it’s put into operation in 2000.

Due to nonprofessional compiler, there must be some mistakes and shortcoming in the book and it may be discussed later, but the book still can be regarded as good teacher and helpful friend for aluminium electrolysis personnels.

*General Manager of Qinghai Branch*  
*Senior Engineer with Professor Level*  
*Jiang Yinggang*  
*December, 2005*

## Preface

There are less books to introduce knowledge about 200kA prebaked aluminium electrolysis pot with middle-feeding style than 160kA pot. The vast technical and project personnels have bourgeoned the idea to make the book named 'Production Technology and Practice of 200kA Prebaked Aluminium Electrolysis. Through more than half an year's elaborated planning, preparation and organization, they finished the book by using their spare time after busy work. This book mainly include some experience and technology on production practice as well as management of 200kA prebaked aluminium electrolysis pot.

The three phase project of CHINALCO Qinghai Branch belongs to the Third Electrolysis Plant with annual designed capacity of 140 000 tons and 200kA middle-feeding prebaked anode electrolysis pots adopted. The first part of capacity i. e. 55 000 tons of aluminium ingot was completed and put into production by the end of 2002 followed by 85 000 tons of capacity built with a entire system formed in 2002 and 140 000 tons of capacity was shaped in September of 2005. This book makes a conclusion for practical experience through more than five years's technique operation and production management since it's put into production of 200kA middle-feeding prebaked anode electrolysis pot.

The distinguished feature of this book is close combination of theory and practice. The main contents comprise: baking, start-up, technical management at latter period, preservation and control of technical condition at normal production period, fume purification, aluminium ingot casting technique and management of 200kA large-scale prebaked aluminium electrolysis pot. The book also involved in some technical achievements and patents obtained by the Third Electrolysis Plant in recent years such as: secondary start-up, current aggrandizement, process optimization of coke particular baking, advanced control and management technology of low effect coefficient etc. And some technology have ranked top level domestically.

On the other hand, some illustration for safety, environmental protection and work achievement checking related to aluminium electrolysis production are also included in the book. We expect it will be helpful to enterprise manager and contributable to aluminium industry development of China.

Because of limited profession qualification of compiler, we earnestly welcome comments and correction from different fields for some unavoidable mistakes in the book.

Compiler  
December, 2005



# 目 录

## 第 1 章 概 论

1.1 铝的性质和用途 .....	1
1.1.1 金属铝的主要性质 .....	1
1.1.2 铝及铝合金的主要用途 .....	1
1.2 铝冶金发展简史 .....	2
1.3 铝电解槽的发展 .....	2
1.4 电解原料及原理 .....	4
1.4.1 铝电解原料 .....	4
1.4.2 冰晶石-氧化铝熔体结构 .....	5
1.4.3 铝电解原理 .....	6
1.5 中国铝工业的发展现状与特点 .....	7
1.6 中国铝电解生产发展史 .....	7
1.7 中国铝工业与世界铝工业的差距 .....	8
1.7.1 电解槽设计 .....	8
1.7.2 阳极质量 .....	8
1.7.3 电解槽寿命 .....	8
1.7.4 电流密度 .....	8
1.7.5 电流效率 .....	9
1.7.6 过热度 .....	9
1.8 200kA 中间下料预焙铝电解槽在中国铝工业的地位与贡献 .....	9

## 第 2 章 200kA 电解槽槽型构造及电解车间主要设备

2.1 200kA 电解槽上部结构 .....	11
2.1.1 200kA 电解槽上部结构组成 .....	11
2.1.2 200kA 电解槽的主要技术参数 .....	16
2.1.3 200kA 电解槽上部结构维护 .....	17
2.2 氧化铝及氟化盐加料装置 .....	18
2.2.1 氧化铝及氟化盐输送工艺及配置 .....	18
2.2.2 氧化铝超浓相输送系统 .....	18
2.2.3 电解槽上部下料系统 .....	19
2.3 阳极升降装置 .....	19
2.3.1 阳极升降装置组成 .....	19
2.3.2 阳极升降机构检修、更换方法 .....	19

2.4	短路口装置	21
2.4.1	短路口构成和作用	21
2.4.2	短路口的维护	22
2.4.3	短路口打火事故的预防	22
2.5	阳极结构	23
2.5.1	200kA 电解槽阳极的规格	23
2.5.2	铝电解阳极材料组成	23
2.5.3	电解槽阳极安装	27
2.6	炉底及炉膛尺寸设计	27
2.7	阴极结构	28
2.7.1	阴极形式	28
2.7.2	阴极炭块的种类	28
2.7.3	阴极炭块的填充料	29
2.7.4	侧壁	29
2.8	母线配置	30
2.8.1	阳极母线	30
2.8.2	阴极母线	31
2.8.3	软带母线	33
2.9	电解槽槽壳	33
2.9.1	槽壳	33
2.9.2	内衬	34
2.9.2	槽壳受力分析	35
2.10	抬包	36
2.11	天车	38
2.11.1	ECL 电解多功能天车	38
2.11.2	电解简易高位多功能天车的维护保养与检修标准	46
2.12	阳极母线提升机	53
2.12.1	概述	53
2.12.2	产品结构及工作原理	53

### 第3章 铝电解焙烧技术与管理的

3.1	概述	56
3.1.1	预焙槽焙烧的目的	56
3.1.2	铝电解槽焙烧的方法	56
3.2	焙烧前电解槽的交工验收	58
3.3	200kA 电解槽的试车验收方案和验收规程	59
3.3.1	试车验收方案	59
3.3.2	验收标准	60
3.4	焙烧方法选择	62

3.4.1 焦粒预热法	62
3.4.2 铝水预热法	63
3.5 装炉准备及装炉操作	64
3.5.1 装炉准备	64
3.5.2 装炉操作	64
3.5.3 装炉注意事项	65
3.6 软连接的安装	65
3.6.1 导杆与母线连接方式的选择	65
3.6.2 安装软连接	66
3.7 分流器的安装	66
3.7.1 分流器的作用	66
3.7.2 分流器的连接方式	66
3.7.3 分流器的制作	67
3.8 通电作业	68
3.8.1 通电前准备	68
3.8.2 通电操作	68
3.9 焙烧期间管理	69
3.9.1 电压管理	69
3.9.2 分流器管理	69
3.9.3 软连接管理	69
3.9.4 焙烧期间温度管理	70
3.9.5 电流分布管理	70
3.9.6 焙烧槽技术参数测定	70
3.9.7 异常情况的处理	70
3.9.8 焙烧时间的确定	71

#### 第4章 铝电解启动及后期管理

4.1 概述	72
4.1.1 干法启动	72
4.1.2 湿法启动	72
4.2 200kA 预焙电解槽启动	73
4.2.1 200kA 大型预焙铝电解启动前的准备	73
4.2.2 200kA 预焙电解槽启动	73
4.2.3 启动后技术条件的保持及管理	74
4.3 电解槽的规整炉膛	74
4.3.1 电解槽炉膛的类型	74
4.3.2 规整的电解槽炉膛对电解槽技术经济指标的影响	75
4.3.3 200kA 预焙电解槽规整炉膛的建立	75

## 第5章 铝电解正常生产技术条件与管理

5.1	概述	77
5.1.1	铝电解槽的正常生产阶段	77
5.1.2	保持稳定的技术条件的特征	77
5.1.3	形成规整炉膛的特征	77
5.2	铝电解生产中技术条件的管理	78
5.2.1	槽电压的管理	78
5.2.2	电解温度的管理	80
5.2.3	阳极效应的管理	81
5.2.4	原铝质量的管理	83
5.2.5	两水平的管理	85
5.3	氧化铝的加工制度	85
5.4	电解生产的工器具	86
5.4.1	实际操作类工器具	86
5.4.2	测量用工器具	86
5.5	阳极更换作业	90
5.6	母线转接作业	92
5.6.1	母线转接作业	92
5.6.2	母线提升过程中的注意事项	93
5.7	保温料的添加作业	93
5.7.1	极上保温料的添加	93
5.7.2	极上保温料的管理	94
5.8	出铝作业	94
5.8.1	铝水高度及出铝量的管理	94
5.8.2	出铝操作工艺	96
5.9	电解质成分的调整工艺	97
5.9.1	生产中电解质成分的变化	97
5.9.2	电解质成分的调整	98
5.9.3	氟化盐精配料	99

## 第6章 电解槽寿命的研究与实践

6.1	概述	100
6.1.1	电解槽寿命的概念	100
6.1.2	电解槽寿命的统计方法	100
6.1.3	电解槽寿命的现状	101
6.2	影响电解槽寿命的因素	102
6.2.1	延长电解槽寿命的经济效应	102
6.2.2	影响电解槽寿命的诸多因素	102

6.3 病槽、事故及其处理 .....	104
6.3.1 病槽的形成与处理 .....	104
6.3.2 病槽的预防 .....	109
6.3.3 异常槽的处理 .....	110
6.3.4 事故及处理 .....	111
6.4 电解槽内衬的破损及小修技术 .....	113
6.4.1 槽内衬的破损 .....	113
6.4.2 内衬破损的确认 .....	115
6.4.3 电解槽内衬破损的小修技术 .....	115
6.5 延长电解槽寿命的研究及实践 .....	119
6.5.1 延长铝电解槽寿命相关技术研究 .....	119
6.5.2 延长电解槽寿命技术的实践与应用 .....	121
6.6 延长电解槽寿命的具体措施 .....	128
6.6.1 电解槽焙烧启动管理 .....	128
6.6.2 电解槽启动后非正常期的管理 .....	128
6.6.3 电解槽正常生产期的管理 .....	129
<b>第7章 铝电解生产的电能效率和能量平衡</b>	
7.1 电能平衡 .....	130
7.1.1 铝的理论电耗率 .....	130
7.1.2 铝电解的电能效率的表示方法 .....	131
7.1.3 铝电解槽的电压平衡 .....	131
7.1.4 铝电解槽的能量平衡方程式 .....	132
7.2 铝电解槽的节能途径 .....	134
7.2.1 提高电流效率 .....	134
7.2.2 降低平均电压 .....	135
7.2.3 降低电解槽热损失的措施 .....	135
<b>第8章 铝电解原料输送和烟气净化</b>	
8.1 概述 .....	136
8.1.1 氧化铝输送技术发展和应用 .....	136
8.1.2 电解烟气净化的发展和应用 .....	138
8.2 浓相输送技术 .....	138
8.2.1 氧化铝物料输送技术的应用 .....	138
8.2.2 浓相输送技术的基本原理 .....	138
8.2.3 浓相输送技术在电解铝厂的应用 .....	140
8.3 超浓相输送技术 .....	143
8.3.1 溜槽输送技术的基本原理 .....	143
8.3.2 超浓相输送技术工作原理 .....	145

8.3.3	超浓相输送技术的应用	146
8.4	氧化铝供料系统的运行实践	149
8.4.1	超浓相输送溜槽配置	149
8.4.2	供料风压的稳定	149
8.4.3	氟化盐配料系统	149
8.4.4	渣质的分离和清理装置	149
8.4.5	浓相输送系统设备	149
8.5	铝电解烟气净化	150
8.5.1	电解烟气净化中的主要污染物及其危害	150
8.5.2	污染物的产生过程	151
8.5.3	烟气收集系统	152
8.5.4	铝电解烟气干法净化原理	152
8.5.5	烟气干法净化工艺设备配置	156
8.6	氧化铝循环及氟化物回收	160
8.6.1	干法净化系统氧化铝的循环	160
8.6.2	氟化物回收	161
<b>第9章 铝锭铸造技术与管理</b>		
9.1	概述	163
9.1.1	铝锭铸造的生产概况	163
9.1.2	重熔用铝锭的工艺流程	164
9.2	原铝的配料及炉内处理	165
9.2.1	原铝的配料	165
9.2.2	原铝的炉内处理	168
9.3	倾动式 60t 混合炉	172
9.3.1	概述	172
9.3.2	主要技术性能参数	172
9.3.3	设备主要组成和结构特点	173
9.3.4	设备调试	176
9.3.5	设备运行实践	178
9.3.6	生产操作及维护	179
9.3.7	天然气安全管理	179
9.3.8	冷炉启动及液压系统的安全操作方法	180
9.3.9	事故(故障)的处理及原因分析	182
9.4	电磁搅拌机构	183
9.4.1	电磁搅拌器的工作原理	183
9.4.2	电磁搅拌器的组成、特点及优点	184
9.4.3	电磁搅拌器的操作	186
9.4.4	电磁搅拌器的保养与维护	187

9.4.5 电磁搅拌器的使用效果 .....	188
9.5 连续铸造机的操作 .....	188
9.5.1 20 kg铝锭铸造工艺流程 .....	188
9.5.2 生产前的准备工作 .....	188
9.5.3 连续铸造机的操作 .....	190
9.5.4 连续铸造机常见故障处理 .....	192
9.6 铝锭的质量保证和 QC 活动 .....	193
9.6.1 铝锭的质量控制 .....	194
9.6.2 QC 活动 .....	201
<b>第 10 章 铝电解槽控制技术</b>	
10.1 概述 .....	202
10.2 铝电解槽控制系统的构成和控制策略 .....	203
10.2.1 铝电解槽控制系统的设计原则 .....	203
10.2.2 铝电解槽控制系统的控制方案 .....	204
10.2.3 铝电解槽控制系统的控制策略 .....	205
10.3 铝电解槽智能模糊控制系统 .....	206
10.3.1 模糊控制系统的特点 .....	206
10.3.2 模糊控制硬件结构 .....	206
10.3.3 模糊控制软件结构 .....	207
10.4 铝电解槽模糊专家控制实例 .....	207
10.4.1 模糊专家控制器的基本构成 .....	207
10.4.2 铝电解槽工作电压的控制 .....	211
10.4.3 氧化铝浓度控制 .....	211
10.4.4 效应预报 .....	212
10.4.5 电解槽操作控制分析 .....	214
10.4.6 电解槽状态控制分析 .....	215
10.5 铝电解槽控机下位机系统 .....	216
10.5.1 槽控机各主要控制模块 .....	217
10.5.2 电解槽控制系统下位机的功能 .....	217
10.6 铝电解槽控机上位机系统 .....	218
10.6.1 标题区主要使用的菜单 .....	218
10.6.2 工具条各按钮功能 .....	219
10.7 基于网络的铝电解监控系统的设计与实现 .....	222
10.7.1 系统整体设计 .....	222
10.7.2 系统整体功能 .....	223
10.8 结论 .....	225
<b>第 11 章 电解生产有关技术与管理</b>	
11.1 混合料焙烧新工艺 .....	226

11.1.1	混合料通电焙烧前的准备工作及注意事项	226
11.1.2	通电焙烧	227
11.2	强化电流工艺	228
11.2.1	强化电流与提高电流效率效果的分析比较	228
11.2.2	强化电流的理论基础	228
11.2.3	强化电流的进程	229
11.2.4	技术条件调整	229
11.2.5	强化电流工艺的后期工作	230
11.3	低工作电压的实践	230
11.4	低阳极效应系数的实践	232
11.4.1	对铝电解阳极效应的认识	232
11.4.2	熄灭阳极效应	234
11.4.3	低阳极效应系数的实践	235
11.5	电解生产班组量化考核	241
11.5.1	量化绩效考核	241
11.5.2	量化绩效考核的制定	241
11.5.3	量化绩效考核的办法	242
11.5.4	实施电解量化考核及绩效评价体系的优点	245
11.6	点检管理模式	246
11.6.1	点检管理的由来	246
11.6.2	设备点检的定义、目的及意义	246
11.6.3	点检管理特点及内容	247
11.6.4	点检工作模型	248
11.6.5	点检工作的任务结构及点检队伍素质构成	249
11.6.6	设备点检管理细则	250
11.6.7	点检工作职责	254
11.6.8	点检培训	256
11.6.9	设备状态监测及劣化倾向管理的实施	256
11.6.10	设备预防维修管理	260
<b>第12章 电解系统的安全技术</b>		
12.1	概述	261
12.2	电解安全生产的要点及危险源	261
12.3	电解车间的安全技术操作规程	261
12.3.1	电解安全技术操作规程	261
12.3.2	出铝安全技术操作规程	264
12.3.3	电解天车安全技术操作规程	264
12.3.4	母线提升安全技术操作规程	268
12.3.5	电解测量安全技术操作规程	268



12.3.6	拾包清理安全技术规程	273
12.4	铸造生产的安全技术	274
12.4.1	普铝铸造安全技术操作规程	274
12.4.2	铸造衡量安全技术操作规程	278
12.4.3	铸造水泵安全技术操作规程	279
12.5	供料及烟气净化的安全要求	280
12.5.1	供料的安全要求	280
12.5.2	烟气净化的安全要求	280
12.6	检修作业的安全	282
12.6.1	检修车间电焊工安全技术规程	282
12.6.2	检修车间管工安全技术规程	283
12.6.3	检修车间起重工安全技术规程	283
12.6.4	检修车间气焊工安全技术规程	284
12.6.5	检修车间维修电工安全技术规程	284
12.6.6	检修车间钳工安全技术规程	285
12.7	职业健康安全环境管理体系的建设	287
12.7.1	职业健康安全环境管理体系概述	287
12.7.2	中铝青海分公司职业健康安全环境管理体系的建立	290

### 第13章 企业文化和党的建设对生产的促进作用

13.1	概述	292
13.2	创建独特的企业文化	292
13.3	建立系统的激励机制	293
13.3.1	电解大组生产优胜杯考核评比细则	293
13.3.2	考核时间	294
13.3.3	电解横班生产优胜杯评比细则	294
13.3.4	安全生产流动杯竞赛实施方案	295
13.3.5	设备优胜杯竞赛实施方案	296
13.3.6	现场管理流动杯	306
13.4	建立和加强标准化党支部建设	313
13.4.1	党建、精神文明建设工作量化考核实施细则	313
13.4.2	党支部工作目标量化考核实施细则	317
13.5	文明示范岗的创建	317
13.5.1	开展创建“党员示范岗”活动实施方案	318
13.5.2	创建“巾帼文明示范岗”活动实施方案	319
13.5.3	青年安全监督岗工作实施方案	321
13.5.4	创建“青年文明号”考核实施细则	323