

500kA 大型铝电解槽生产 技术管理与病事槽处理

文义博 成庚 主编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

500kA 大型铝电解槽 生产技术管理与 病事槽处理

文义博 成 庚 主 编

冶金工业出版社

2017

内 容 提 要

本书对现代铝工业普遍使用的 500kA 大型铝电解槽生产技术管理与病事槽处理进行了全面的论述。全书分为 8 章, 分别阐述了 500kA 电解槽的基本结构与基本参数、焙烧启动方案、工艺管理制度、操作技术标准、测量技术标准、控制系统原理及典型曲线研判、病事槽处理及停槽判定标准等内容, 对 500kA 铝电解槽生产技术进行了系统化的归纳与总结。

本书适用于 500kA (及其他容量) 铝电解槽生产实际操作人员、生产技术管理人员、维护及辅助作业人员、设计研究人员、职工教育培训人员以及经营管理人员等阅读, 也可供高等院校冶金专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

500kA 大型铝电解槽生产技术管理与病事槽处理/
文义博, 成庚主编. —北京: 冶金工业出版社, 2017. 4
ISBN 978-7-5024-7469-0

I. ①5… II. ①文… ②成… III. ①氧化铝电解—
电解槽—研究 IV. ①TF821. 32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 047515 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmip.com.cn 电子信箱 yjcb@cnmip.com.cn

责任编辑 唐晶晶 美术编辑 彭子赫 版式设计 彭子赫

责任校对 郑 娟 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7469-0

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京通州皇家印刷厂印刷

2017 年 4 月第 1 版, 2017 年 4 月第 1 次印刷

148mm × 210mm; 5 印张; 145 千字; 143 页

38.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题, 本社营销中心负责退换)

本书编委会

主 编 文义博 成 庚

参编人员 王 伟 王平刚 李振中 张金锁 刘进县
杨成亮 党永新 胡跃文 刘振乾 刘文忠
刘海锋 谢冰洁 李善绪 韩凤斌 蔡 龙
段中波 郭 峰 王小康 马 凯 韩启超
贾志鹏 毛继龙 雪保武 袁维金 董继强

前 言

近年来我国铝电解工业得到了突飞猛进的发展，中国电解铝产能已连续15年雄踞世界首位，其中以500kA电解槽为代表的超大型电解铝生产线在科技研发、工艺装备、技术指标和生产管理等各方面均已达到了国际先进水平，其中一些关键性技术还达到了国际领先水平。因此，以500kA电解槽为主力生产槽型的电解铝工业的跨越发展，对铝电解生产技术的管理者提出了更高的要求。

本书在吸收国内外大型槽炼铝生产工艺管理的基础上，充分总结甘肃东兴铝业有限公司在500kA超大型电解槽生产技术管理和病事槽处理方面的经验，内容涵盖了500kA电解槽的结构及配置、焙烧启动、工艺管理制度、操作技术标准、测量技术标准、控制系统原理、典型曲线研判及操作、病事槽处理（包括停限电停风和短路口及立柱母线损坏应急预案）、停槽判定标准等全过程，具有较强的实用性和先进性，可供铝电解生产实际工作者、生产技术管理人员、设计研究人员、教育培训人员以及经营管理人员等参考使用。

第1章作者介绍了SY500电解槽结构及配置（包括电解槽的上部和下部结构、母线结构和技术参数）、物理场优化

设计（包括电磁场、流动场、热平衡和应力场设计）、500kA 电解槽基本参数以及 500kA 电解槽应用现状。

第 2 章作者介绍了 500kA 电解槽的焙烧启动技术，包括焙烧启动的方法、流程、物料用量和标准、焙烧启动用工器具、电解槽检查、铺焦挂极和装炉作业、通电焙烧、启动及后期管理、焙烧启动期间数据测量以及 500kA 电解槽的二次启动技术管理。

第 3 章作者针对 500kA 电解槽的特点，介绍了有关的技术制度（包括启动后期和正常期管理）、加料制度、出铝制度以及换极制度。

第 4 章作者介绍了 500kA 电解槽的操作技术标准，包括换极技术、出铝、母线提升、效应熄灭以及取样等操作的技术标准。

第 5 章作者介绍了 500kA 电解槽主要参数的测量技术标准，包括电解质和铝水高度、电解质温度、阳极电流分布、阴极电流分布、阴阳极极距、炉底压降、侧部钢板和阴极钢棒以及槽底钢板温度、炉底隆起高度、炉膛内型以及残极形状等测量技术标准。

第 6 章作者介绍了 500kA 电解槽的控制系统原理、典型曲线研制和槽控机操作。

第 7 章作者介绍了电解槽的针振和摆动、热行程、冷行程、阳极长包、阳极脱落、压槽、难灭效应、早期破损、滚铝、漏炉、阳极无指令上升或下降、停限电与停风应急预

案、短路口及立柱母线损坏应急处置预案。

第8章作者介绍了500kA电解槽停槽的技术要求和停槽标准。

本书第1章内容由文义博、王伟、成庚、郭峰编写；第2章内容由成庚、王平刚、雪保武、刘进县、刘海锋、段中波编写；第3章内容由张金锁、党永新、刘文忠编写；第4章内容由王平刚、党永新、胡跃文编写；第5章内容由刘振乾、雪保武、贾志鹏编写；第6章内容由杨成亮、谢冰洁、董继强、文义博、胡跃文编写；第7章内容由王伟、李振中、张金锁、刘进县、杨成亮、党永新、胡跃文、刘振乾、刘海锋、谢冰洁、李善绪、韩凤斌、蔡龙、段中波、王小康、马凯、韩启超、毛继龙、雪保武、袁维金编写；第8章内容由李振中、段中波编写。

该书著作权归甘肃东兴铝业有限公司所有。对SY500电解槽设计单位沈阳铝镁设计研究院有限公司（原沈阳铝镁设计研究院）、槽控系统提供单位湖南盛翔自控有限公司（原湖南中大业翔科技有限公司）等兄弟单位的大力支持表示衷心的感谢。

受经验与能力所限，书中不足之处，敬请读者批评指正。

作者

2016年11月30日

目 录

1 500kA 电解槽的结构和基本参数	1
1.1 SY500 电解槽的结构及配置	1
1.1.1 电解槽上部结构	2
1.1.2 电解槽下部结构	7
1.1.3 电解槽母线结构	9
1.1.4 电解槽技术参数	10
1.2 物理场优化设计	11
1.2.1 电磁场设计	11
1.2.2 流动场设计	13
1.2.3 热平衡设计	14
1.2.4 应力场设计	20
1.3 500kA 电解槽基本参数	21
1.4 500kA 电解槽应用现状	22
2 500kA 电解槽的焙烧启动	23
2.1 焙烧启动概述	23
2.1.1 焙烧方法	23
2.1.2 启动方法	24
2.2 焙烧启动流程	24
2.3 焙烧启动物料	25
2.3.1 物料用量	25
2.3.2 物料标准	26
2.4 焙烧启动用工器具	28
2.5 电解槽检查	29

2.6	铺焦挂极作业	31
2.7	装炉作业	32
2.7.1	埋设测温套管	32
2.7.2	封堵阳极间缝隙	33
2.7.3	装填物料	33
2.7.4	安装软连接	34
2.7.5	安装分流器	34
2.8	通电焙烧	34
2.8.1	首批电解槽的通电焙烧	34
2.8.2	全电流条件下的通电焙烧	35
2.8.3	焙烧管理	35
2.9	电解槽启动	37
2.9.1	启动前应具备的条件	37
2.9.2	启动	37
2.9.3	500kA 电解槽启动过程注意事项	39
2.9.4	灌入铝液	39
2.10	启动后期管理	40
2.10.1	启动后期电压调整	40
2.10.2	启动后电解质成分控制	40
2.10.3	温度控制	41
2.10.4	氧化铝浓度控制	41
2.10.5	铝水平/电解质水平保持	41
2.10.6	阳极效应管理	42
2.11	焙烧启动期间数据测量	42
2.12	500kA 大型预焙电解槽的二次启动	43
2.12.1	停槽后的处置	43
2.12.2	通电前的准备	44
2.12.3	焦炭的铺设	44
2.12.4	装炉物料的调整	45
2.12.5	二次启动槽的焙烧启动	45
2.12.6	二次启动槽的后期管理	46

3	500kA 电解槽工艺管理制度	47
3.1	技术制度	47
3.1.1	启动后期管理	47
3.1.2	正常期管理	47
3.2	加料制度	48
3.3	出铝制度	48
3.4	换极制度	49
4	500kA 电解槽操作技术标准	50
4.1	换极技术标准	50
4.2	出铝技术标准	52
4.3	母线提升技术标准	53
4.4	效应熄灭技术标准	54
4.5	取样技术标准	55
5	500kA 电解槽测量技术标准	57
5.1	电解质、铝水高度测量技术标准	57
5.2	电解质温度测量技术标准	58
5.3	阳极电流分布测量技术标准	58
5.4	阴极电流分布测量技术标准	59
5.5	阴阳极极距测量技术标准	60
5.6	炉底压降测量技术标准	61
5.7	侧部钢板、阴极钢棒和槽底钢板温度测量技术标准	62
5.8	炉底隆起高度测量技术标准	62
5.9	炉膛内型测量技术标准	63
5.10	残极形状测量技术标准	65
6	500kA 铝电解控制系统原理、典型曲线研判及操作	67
6.1	铝电解控制系统原理	67
6.1.1	系统控制整体构架	67

6.1.2	总体控制思路	67
6.1.3	下料控制原理	68
6.1.4	电压控制原理	72
6.2	典型曲线研判	73
6.2.1	正常槽运行曲线	73
6.2.2	氧化铝浓度较高的电解槽	74
6.2.3	氧化铝浓度高和过热度区间大的电解槽	75
6.2.4	炉底有较多稀沉淀的电解槽	75
6.2.5	炉底有沉淀的电解槽	77
6.2.6	换极后针振摆动变大的电解槽	78
6.2.7	换极后针振变大但摆动较小的电解槽	78
6.2.8	换极后电压电阻闪烁的电解槽	79
6.2.9	闪烁效应较多的电解槽	80
6.2.10	针振和幅值较大的电解槽	81
6.2.11	槽控机故障的电解槽	81
6.3	槽控机操作	82
6.3.1	槽控机软件操作	82
6.3.2	槽控机相关操作	82
6.3.3	控制系统与工艺结合	91
7	500kA 电解槽病事槽处理	95
7.1	电解槽针振和摆动	95
7.1.1	电解槽针振和摆动简介	95
7.1.2	电解槽针振和摆动的特征	96
7.1.3	针振和摆动的原因	96
7.1.4	槽电压针振和摆动处理	99
7.2	电解槽热行程	102
7.2.1	电解槽热行程的定义	102
7.2.2	电解槽进入热行程的症状	102
7.2.3	电解槽出现热行程的原因	103
7.2.4	普通热槽的处理	104

7.2.5	异常热槽的处理	104
7.3	电解槽冷行程	105
7.3.1	电解槽冷行程的定义	105
7.3.2	电解槽进入冷行程的症状	106
7.3.3	电解槽出现冷行程的原因	106
7.3.4	冷槽的检查与处理	107
7.4	阳极长包	108
7.4.1	阳极长包的定义	108
7.4.2	阳极长包的症状	108
7.4.3	阳极长包的原因	109
7.4.4	阳极长包的处理方法	109
7.5	阳极脱落	110
7.5.1	阳极脱落的主要原因	110
7.5.2	阳极脱落的处理	111
7.6	压槽	113
7.6.1	压槽的定义	113
7.6.2	压槽的处理方法	113
7.7	难灭效应	114
7.7.1	难灭效应的定义	114
7.7.2	难灭效应形成的原因	114
7.7.3	难灭效应的处理方法	115
7.8	电解槽的早期破损	117
7.8.1	电解槽早期破损的定义	117
7.8.2	早期破损的原因	117
7.8.3	早期破损的修补方法	117
7.8.4	早期破损的预防	118
7.9	滚铝	119
7.9.1	滚铝的定义	119
7.9.2	滚铝原因	119
7.9.3	滚铝事故的预防和处理	121

7.10	漏炉	123
7.10.1	侧部漏炉	123
7.10.2	钢棒漏炉	124
7.10.3	底部漏炉	125
7.11	阳极无指令上升或下降	127
7.11.1	阳极无指令上升或下降的定义	127
7.11.2	阳极无指令上升或下降的产生原因	127
7.11.3	阳极无指令上升或下降的紧急处置	127
7.12	电解槽停限电应急预案	128
7.12.1	500kA 电解槽停限电应急处理的目的	128
7.12.2	停限电期间各机构职责	129
7.12.3	启动应急方案的条件	129
7.12.4	应急指挥流程	129
7.12.5	交通运输安排	130
7.12.6	管理规定	130
7.12.7	应急物资、工器具管理	131
7.12.8	停限电原则	131
7.12.9	预案详细措施	132
7.12.10	送电及升电程序	134
7.12.11	正常状态恢复程序	134
7.12.12	应急预案的维护	135
7.13	电解槽停风应急预案	135
7.13.1	500kA 电解槽停风应急预案的目的	135
7.13.2	电解槽停风影响范围	135
7.13.3	停风影响范围处理方法	135
7.13.4	应急物资	136
7.14	500kA 电解槽短路口及立柱母线损坏应急处置预案	136
7.14.1	应急预案的目的	136
7.14.2	应急处置分类及方案	136
7.14.3	临时应急母线的安装方法	139

8 500kA 电解槽停槽判定标准	141
8.1 技术要求	141
8.2 停槽标准	141
参考文献	143

1 500kA 电解槽的结构和基本参数

SY500 铝电解槽是沈阳铝镁设计研究院有限公司（原沈阳铝镁设计研究院）在解决大型铝电解槽磁流体稳定性、热平衡及槽壳变形等问题的基础上，开发的一种节能型铝电解槽。该槽型集成了阴极均流、非对称母线配置、三维电热场耦合计算等一系列先进技术，对促进电解铝行业工艺和设备进步有非常积极的作用。

2011 年 12 月 25 日，甘肃东兴铝业有限公司嘉峪关 45 万吨 500kA 铝电解系列顺利通电启动。在之后近一年的时间里，该系列创下了通电启动无事故、投产时间最短、投产后电解槽运行最平稳等多个行业第一。从某种程度来讲，该系列的快速安全投产及后期稳定运行，标志着 500kA 铝电解槽成功实现了大规模工业化应用。

目前，500kA 铝电解系列已经成为国内电解铝行业节能环保和大型化的主力军。国内有超过 15 条 500kA 铝电解系列处于生产状态，其形成的产能超过国内电解铝总产能的 30%。因此，非常有必要对 500kA 铝电解槽启动投产和日常管理过程中的经验和教训进行总结，进而系统地形成 500kA 铝电解系列管理方法和思路。

1.1 SY500 电解槽的结构及配置

SY500 电解槽采用新式阴极钢棒结构技术，通过数学模型建立电解槽物理场，优化设计出节能型 SY500 电解槽。该槽型具备以下特点：

(1) 全系列 SY500 电解槽采用新式阴极钢棒结构技术，即适当加高阴极钢棒和炭块高度，将钢棒按照一定高度比例分割成上下两部分，从而改变阴极钢棒的导电结构，降低了铝液中水平电流，提高了电解槽的稳定性，降低了能耗，提高了电流效率。

(2) 均一化内衬保温结构。在电解质熔体区采用氮化硅结合碳化硅砖镶嵌保温板，而在阴极区和保温区铺设保温板的结构，且内

衬熔体区和保温区的保温板厚度一致。该内衬结构可有效强化电解槽保温,防止电解槽在低电压条件下槽况偏凉。

(3) 采用六段区域集气上烟道结构,利用烟腔与烟管间的开口截面尺寸调整,在达到槽膛散热均匀的目的的同时,也强化下料点附件的集气效果,有效保证了电解槽密闭效率。

(4) 采用无动力双烟管集气结构。独立于主烟道和主烟管之外,在电解槽上部增设副烟管,副烟管直接从槽膛集气,与主烟管并行汇入净化总管,在电解槽打开槽罩板作业时能瞬时将电解槽排烟量提高1~3倍,有效提高了电解槽密闭效率。

(5) SY500 电解槽母线采用非对称配置的结构形式,充分考虑相邻电解槽及相邻系列电解槽的影响,设计的阴极母线配置简单,易安装,阴极钢棒电流分布均匀,很好地解决了电解槽磁流体稳定性的要求,同时具有良好的经济性。

节能型 SY500 电解槽由上部结构、下部结构和母线结构组成,如图 1-1 和图 1-2 所示。

1.1.1 电解槽上部结构

电解槽的上部结构由打壳下料装置、阳极升降装置、大梁及门形立柱、槽上集气系统和阳极炭块组几部分组成。

1.1.1.1 打壳下料装置

打壳下料装置包括打壳机构和定容下料器。SY500 电解槽上设 6 个氧化铝料箱及 1 个氟化盐料箱,设 6 套打壳下料装置和 7 个定容下料器,用于氧化铝及氟化铝的下料,设 1 套打壳出铝装置,用于电解槽的出铝作业,如图 1-3 所示。

定容下料器采用无筒无刷定容下料器,氧化铝和氟化铝经过定容下料器按需加入槽中。计算机根据工艺状况,自动控制氧化铝和氟化铝的下料量,即控制氧化铝浓度和电解质摩尔比(行业中俗称分子比),实现“按需加料”,使氧化铝浓度保持在 1.5%~2.5% 范围内。

根据流动场计算结果,在阳极组夹缝与中缝交叉点设 6 个下料点,均在流动场的旋环内。每点每次下料定量 1.8kg,采用计算机多

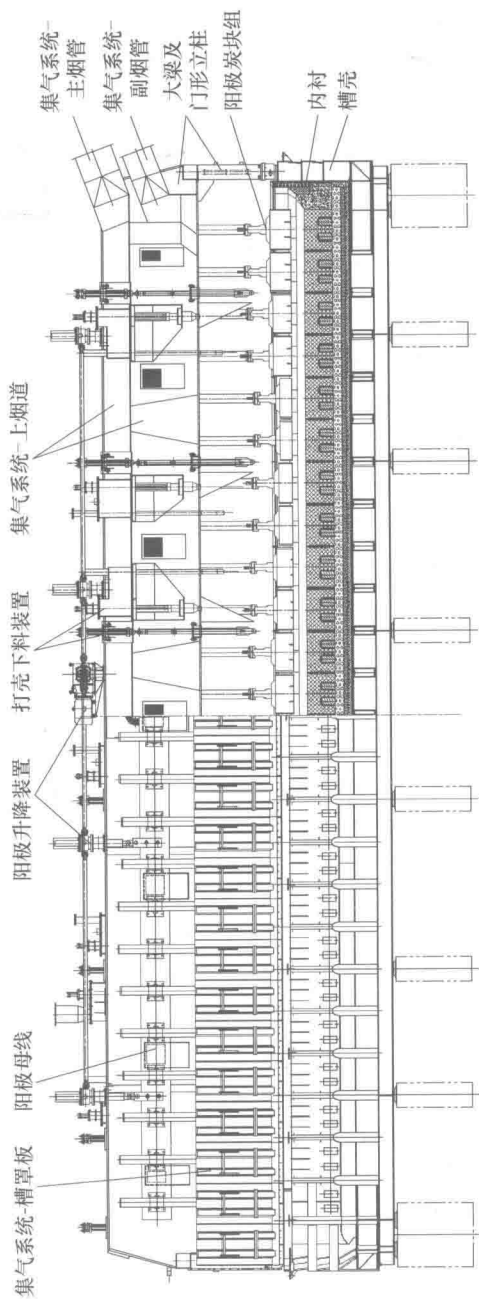


图 1-1 节能型 SY500 电解槽设计图