

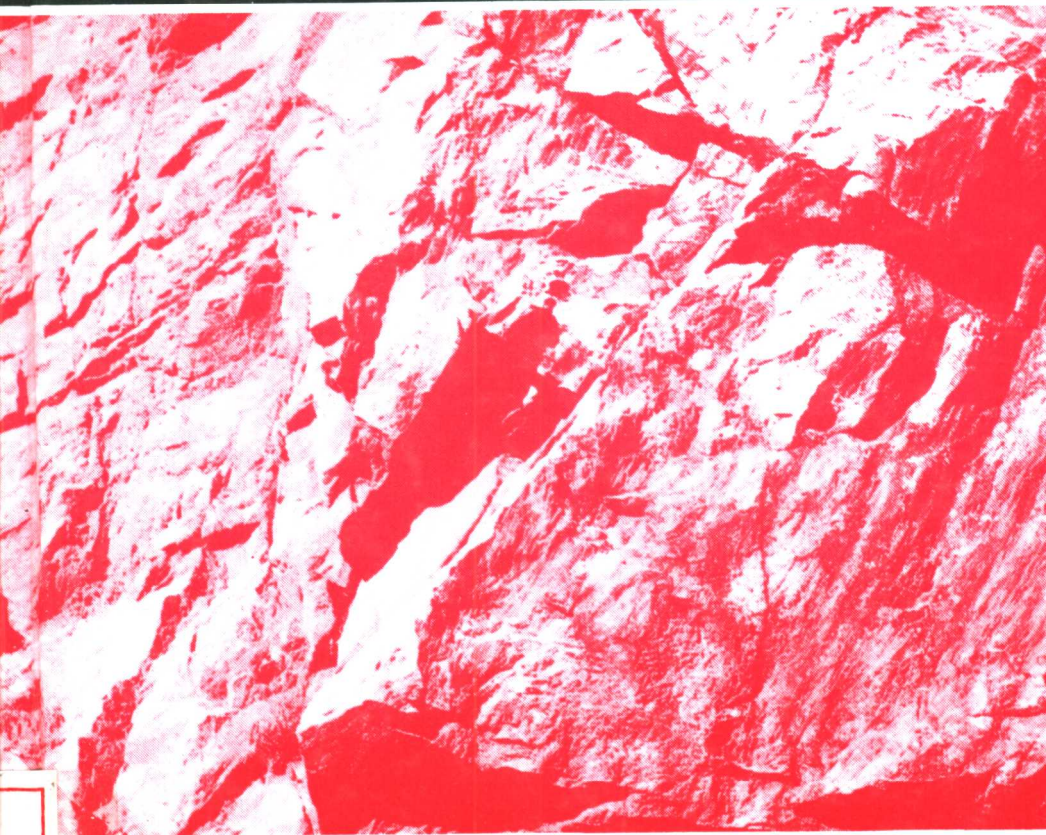


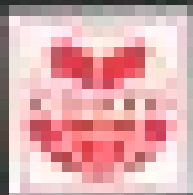
160kA 中心下料 预焙铝电解槽 生产工艺及管理

殷恩生 著

● 有色金属冶金丛书 ●

● 中南工业大学出版社 ●



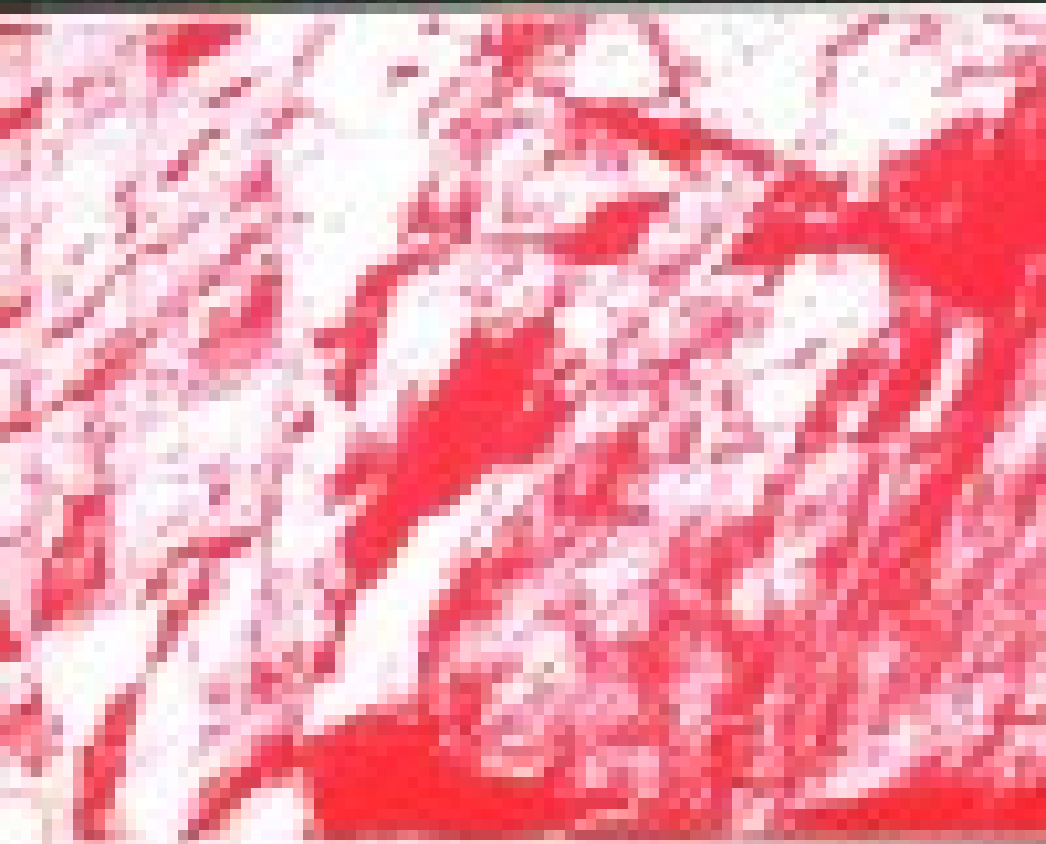


160kA 中心下料 预焙铝电解槽 生产工艺及管理

张朝生 著

（贵阳铝镁设计研究院 编）

（中南工业大学出版社 审）



160kA 中心下料预焙铝 电解槽生产工艺及管理

殷恩生 著

中南工业大学出版社

160kA 中心下料预焙铝电解槽生产工艺及管理

殷恩生 著

责任编辑：秦瑞卿

*

中南工业大学出版社出版发行

中南工业大学出版社印刷厂印装

湖南省新华书店经销

*

开本：850×1168 1/32 印张：9.5 字数：232 千字

2003 年 4 月第 1 版第 5 次印刷

*

ISBN 7-81020-985-X/TF·039

定价：25.00 元

本书如有印装质量问题，请直接与承印厂家调换

厂址：湖南长沙

邮编：410083

前 言

《160kA 中心下料预焙铝电解槽生产工艺及管理》终于正式出版了。

回顾历程,本书从构思到现在公开与读者见面经历了八个年头。1987年,我在贵州铝厂为培训电解生产骨干,编写了一本内部讲义《160kA 中心下料预焙槽管理者读本》。1991年应贵州铝厂三电解分厂领导的请求,我对讲义的内容和章节作了扩充,保持原名,作为该分厂培训教材。没有料到,不久几个中心下料预焙槽工厂及设计院都纷纷索要。意外的效果又鼓起了我将教材公开出版的信心。在繁忙的工作之余,又将1991~1994年间此种槽型在技术上的新进展以及车间管理的体会补写进去,才形成了今天的书稿。

自从引进的第一个160kA预焙槽系列(贵铝二电解分厂)投产以来,14年间又陆续建起了第二个(青海铝厂一期)、第三个(贵州铝厂三电解分厂)、第四个(平果铝厂一期)、第五个(青海铝厂二期)160kA预焙槽系列。除此还有一个135kA预焙槽系列(包头铝厂二期)、一个155kA预焙槽系列(白银铝厂一期)。这些大中型铝厂,无一例外都采用了中心下料预焙槽。据悉未来我国铝厂的新建或改造,都将采用这种槽型。

铝工业长足的发展,需要造就一大批能够掌握和驾驭中心下料预焙槽的现场管理者。提高他们的技术水平和管理水平是一个不可回避必须认真对待的问题。

虽然目前铝电解的理论著作不少,但是偏重实践,偏重现场应用的,特别是介绍中心下料预焙槽操作管理的尚未见到。现实迫切需要实践性较强,能够直接指导现场管理者工作的专业著作。我就是抱着如此的初衷来完成书稿的。

本书是在消化第一个160kA炉系列设计思想和操作标准的基

基础上,总结了该系列近十年正反两个方面的经验教训,结合第一、三、四个 160kA 预焙槽系列工作的体会写成的。本书的宗旨不在于介绍每项具体的管理和操作,而是力图从道理上详尽地说明该槽型的特点及管理对策,阐述槽子管理的思想方法和工作方法,让管理者明白每项操作,每项管理的实质及内涵,从思想上提高对执行作业标准,及加强对技术条件管理的自觉性。考虑到中心下料预焙槽都采用计算机控制过程,大量地运用计算机报表分析槽况,因此书中也用了相当篇幅介绍了计算机控制的初步知识和报表分析的方法。另外还探讨了电解车间的生产管理和过程改善。一些不便插入文中的设计数据和解释收入附录。

本书可供在中心下料预焙槽车间工作的工艺工程师、车间主任、区长阅读,也可作为他们实际工作中的一本常备手册。

本书若能对国内从事铝电解的各级管理者有所帮助,乃是我最大的喜悦和满足,就算为铝工业发展做了一点微薄的贡献。

中南工业大学的梅炽教授和蔡祺风教授在本书的扩充及出版过程中给予我多次指导和帮助,在此表示深切的谢意。

限于水平,尽管小心翼翼,但书中仍难免有错,敬请同行不吝指正。

殷恩生

目 录

第一章 中心下料预焙槽的结构及电解车间概况	(1)
1.1 中心下料预焙槽的结构	(1)
1.2 铝电解车间	(23)
第二章 中心下料预焙槽的特点	(36)
2.1 中心下料预焙槽的特点	(37)
2.2 中心下料预焙槽对原材料的要求	(41)
2.3 中心下料预焙槽的管理者	(45)
2.4 电解槽管理的思想方法	(46)
第三章 电解槽的主要操作	(53)
3.1 阳极更换	(54)
3.2 效应熄灭	(65)
3.3 出铝作业	(71)
3.4 抬母线	(74)
3.5 扎边部	(76)
3.6 捞碳渣	(77)
3.7 工序质量管理	(79)
第四章 效应管理	(83)
4.1 定时加料间隔管理	(83)
4.2 效应间隔管理	(86)
4.3 电压管理	(89)
4.4 铝水平及出铝量管理	(95)
4.5 极上氧化铝厚度管理	(103)
4.6 效应管理	(104)
第五章 电解槽的非正常期管理	(111)
5.1 非正常期的现行做法	(111)

5.2	预热起动方法的评价	(116)
5.3	非正常期操作、管理的注意事项	(121)
5.4	新槽漏铝事故的原因及处理对策	(124)
5.5	短路口打火事故的预防	(128)
第六章	铝电解生产的计算机控制	(132)
6.1	系统概述	(132)
6.2	槽电阻控制(RC)	(148)
6.3	出铝控制	(154)
6.4	槽加料量控制	(156)
6.5	槽加料量自适应控制	(167)
6.6	配料和供料控制	(175)
6.7	控制程序中的软开关	(185)
6.8	现场和计算机间的联络	(188)
6.9	关于控制效果	(191)
第七章	计算机报表的分析方法	(193)
7.1	计算机报表的种类	(193)
7.2	报表分析的种类及方法	(194)
7.3	报表分析方法的扩展	(202)
第八章	电解车间的生产管理	(208)
8.1	铝电解生产的特点	(208)
8.2	车间生产管理的一般法则	(209)
8.3	车间机构及管理层次	(218)
8.4	电解生产的计划管理	(221)
8.5	车间作业安排和定置管理	(224)
8.6	电解车间与整流、铸造、组装车间的配合	(228)
8.7	电解车间的烟气捕集及净化管理	(232)
第九章	提高电流效率降低电耗的途径	(237)
9.1	电解槽的设计	(237)

9.2	槽的施工安装及大修理	(243)
9.3	操作和生产管理	(247)
9.4	阳极块和氧化铝质量	(250)
附录一	第一、三、四个 160kA 槽系列部分设计指标 ...	(253)
附录二	第一个 160kA 中心下料预焙槽系列物料 平衡设计数据.....	(260)
附录三	160kA 中心下料预焙槽生产技术条件(设计)...	(261)
附录四	160kA 中心下料预焙槽热收支项目 (第一、三设计值系列)	(263)
附录五	阳极电压降组成.....	(265)
附录六	电解车间现场操作管理基本记录项目.....	(266)
附录七	计算机报表栏目说明.....	(268)
附录八	第一个 160kA 槽系列 101 [#] ~126 [#] 电解槽性能 考核基本情况和结果。.....	(274)
附录九	阳极导杆和托盘合理周转量的确定.....	(276)
附录十	铝电解生产的“五日对策”管理方法评介.....	(279)
附录十一	24 极 160kA 槽换极顺序合理性验算	(288)

第一章 中心下料预焙槽的结构 和电解车间概况

1.1 中心下料预焙槽的结构

自从 1979 年我国从日本轻金属公司引进 160kA 中心下料预焙槽以来,所建的大、中型铝厂几乎都采用了这种槽型。

十年来,随着对引进槽的消化、改进,随着物料输送技术和加料器技术的发展,所建厂的电解槽结构都稍有变化,但基本结构形式却大体类似。

本节以引进的 160kA 槽为例进行说明,并将所建厂槽子局部构造的变化情况穿插其中。

图 1.1 是引进的 160kA 中心下料预焙槽总图。

按传统的划分方法,电解槽结构可分为:阴极结构、上部结构、槽周母线和绝缘四大部分。

1.1.1 阴极结构

阴极结构是指电解槽的熔池部分,由碳块等多种筑槽材料的砌体和包围在砌体外部的钢壳构成。

1. 槽壳

内衬砌体外的钢壳,俗称槽壳,不仅是盛装内衬砌体的容器,而且还承担着克服内衬材料的高温下产生的热应力和化学应力,约束其内衬不发生较大变形和断裂。因此,槽壳在熔池部位的周边都具有较大的刚度和强度。

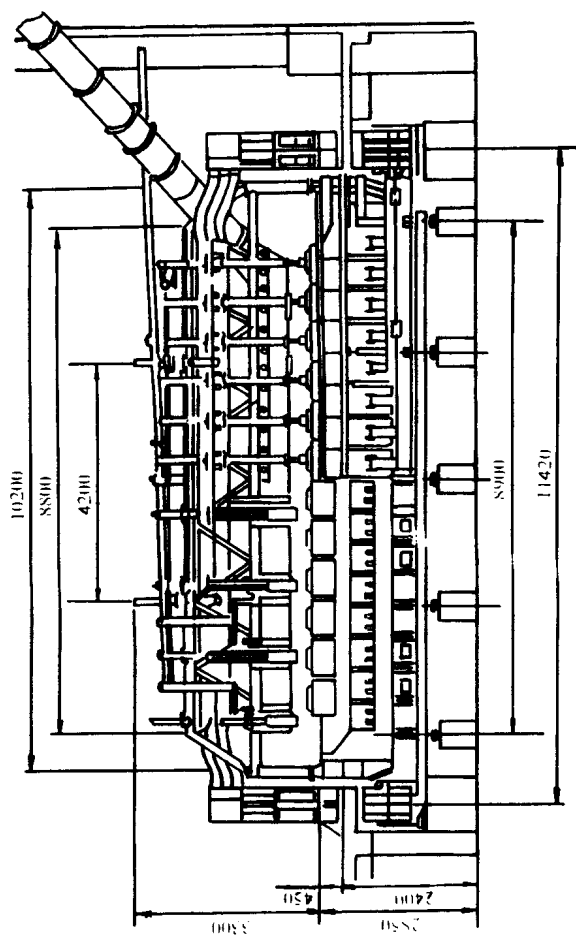


图 1.1 引进的 160kA 中心下料预焙槽简图

与小容量电解槽采用框式槽壳不同,大容量电解槽采用了刚性极大的摇篮式槽壳(见图 1.2)。

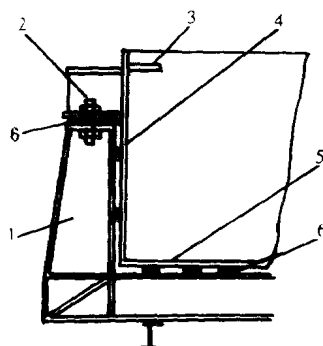


图 1.2 槽壳横断面示意图

- 1—摇篮支架 2—连接螺栓(连接支架与壳体)
3—槽沿板 4—楔铁 5—壳体 6—石棉板

所谓摇篮式结构,实质上是用 17 组“┌”型约束架,也就是俗称的摇篮支架,紧密地卡住钢板焊成的壳体。摇篮支架具有较大的刚度和强度,壳体起容器作用。摇篮支架小面最外侧的两组与壳体焊成一体,其余均为用螺栓连接的可拆卸支架。

壳体内上口周边焊有槽沿板,可保护侧部碳块在打壳作业时不受机械损伤,并可有效地阻止侧部碳块上涨。

整个阴极槽壳支承在 2 根 250mm 的工字钢梁上,横向固定的钢梁上的 4 根扁担托梁为阴极补偿母线的支架。

2. 内衬

内衬砌体的结构和尺寸是根据生产工艺要求和现有材料的性能,通过热解析模型计算确定的。

图 1.3 是 160kA 中心下料预焙槽的内衬结构。

槽底是由 16 组通长的半石墨质底部碳块(每组断面尺寸为 $L3250 \times W515 \times H450$)铺成,碳块间的缝隙用专制的“中间缝糊”扎固。熔池侧部由一层厚度为 123mm 的侧部碳块背贴碳胶贴到钢壳体上。底部碳块和侧部碳块之间的周边缝用专制的“周围糊”扎成 200mm 高的人造坡形伸腿。

底部首先铺一层 65mm 厚的硅酸钙质绝热板,其绝热效果相当于 2~2.5 层普通硅藻土保温砖。绝热板上铺一层 5mm 厚的耐火粉,藉以保护绝热板。绝热板四周和钢壳的缝隙也用耐火粉填充,然后干砌两层保温砖,再用灰浆砌两层耐火砖。为了加大热绝缘,有的工厂还在保温砖和耐火砖之间铺上一层 65mm 的 Al_2O_3 粉。

绝热板和保温砖构成槽底的主要热绝缘层,其目的是使生产期间底部碳块表面上沉淀物不致凝结,使电解质初晶温度等温线移至碳块之下,避免了因盐类在碳块的孔隙中析出所产生的应力而破坏碳块。同时,绝热板和保温砖均属疏松多孔材料,能够一定程度上吸收盐类结晶放出的应力,虽然将丧失一部分保温效果,却能保持槽内砌结构的完好。

耐火砖层是槽底热绝缘层的保护带。耐火砖层的存在,可使得保温砖在 $800^{\circ}C$ 以下,绝热板在 $400^{\circ}C$ 以下长期保持绝热性能。另外一旦电解质从槽底裂缝中渗入,或由碳素材料晶格中渗漏时,首先是在耐火砖砌体表面结晶析出,而不直接灼伤保温砖,以防止保温材料的变性。

为了进一步使熔体对保温材料的侵蚀降到最低程度,在第四个 160kA 槽系列上增设了专门的防渗隔离层,即在耐火砖和保温之间铺一块 1mm 厚的铁板。

在耐火砖表面不需要再扎碳素垫,而直接安装底部碳块组。

侧部碳块周边砌体的砌筑方法大小面不同,其两小面浇注绝热耐火混凝土,其两大面则是砌普通耐火砖。耐火砖与钢棒间留有 1.5 cm 的间隙,并用耐火颗粒料填充。这样不妨碍高温下阴极钢棒的伸

长。

阴极碳块和阴极钢棒的连接是在阴极碳块组装工段的专用设备上进行的:碳块加热后,放钢棒入碳块槽中,用特制的“钢棒糊”分层扎实。整个内衬的材料特性和砌筑公差必须符合规程的要求。

根据内衬排布的分析,可窥视到槽子的设计思想:熔池底部有良好的保温,有利于电解槽在运行期间保持槽底的洁净;侧部散热条件较好,可促成侧部槽帮自然形成;侧块下部由于阶梯形的耐火砖砌体的存在,加大了由该处散热的热阻,能一定程度上遏制伸腿过长。实践表明,这些与中心下料电解槽控制槽膛的要求是吻合的。

1.1.2 上部结构

熔池上面的金属结构部分统称上部结构。它可分为门式支架及桁架、阳极提升装置、阳极母线卡具及阳极组、中间打壳下料机构、集气烟罩和排烟管五大部分。

1. 门式支架及桁架

门式支架下端铰接在槽壳上(图 1.4)。这种连接方式既消除了高温下桁架伸长的变形,又便于大修时拆卸。门式支架支承着上部结构的其它部分,即支承着整个上部结构的重量。

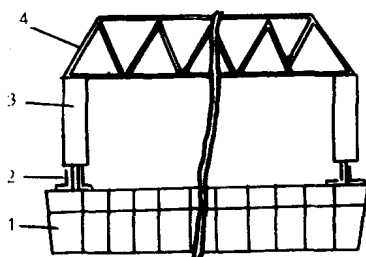


图 1.4 门式支架桁架示意图

1—槽壳 2—铰接点 3—门式支架 4—桁架

2. 阳极提升装置

其装置简图如图 1.5。在 160kA 电解槽上,提升马达为 5.5kW。公称提升重量为 32 吨。当起重量超过 40 吨时,装在减速箱中的防过载摩擦离合器打滑,使装置得到保护。

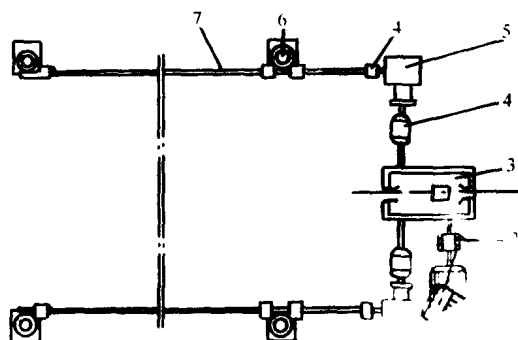


图 1.5 阳极提升机构简图

1—马达 2—联轴节 3—减速箱 4—齿条联轴节
5—换向器 6—螺旋起重机 7—传动轴

螺旋起重机的行程为 400mm,提升速度为 100mm/min。在出铝端小面处的门式支架上安有回转计,可以以 mm 为单位,精确显示阳极母线的行程位置。

这套装置能带动阳极上升、下降。但当下降受阻时,易引起螺旋起重机丝杠弯曲。这是因为螺旋起重机和受阻阳极构成了一个压杆体系,当压杆两端的压力充分大时产生弯矩,使压杆中最薄弱的部位——丝杠与吊耳的铰接处产生向左或向右弯曲,见图 1.6(1)、(2)。

为加固铰接点的刚性,在第一个 160kA 槽系列上,安装一套小夹板见图 1.6(3)。加固后,完全杜绝了这类事故。此刻,压杆系统

中的薄弱环节则变成了螺旋起重机底座的固定螺栓,即使螺栓拉断,丝杠仍安然无恙。

需要说明的是,阳极提升行程由于小夹板占据了一定的空间,即由 400mm 减少到 386mm,生产中应注意只能抬到回转计数字 380mm 为止。另外,“阳极下极限”限位开关的安装位置亦应调整。

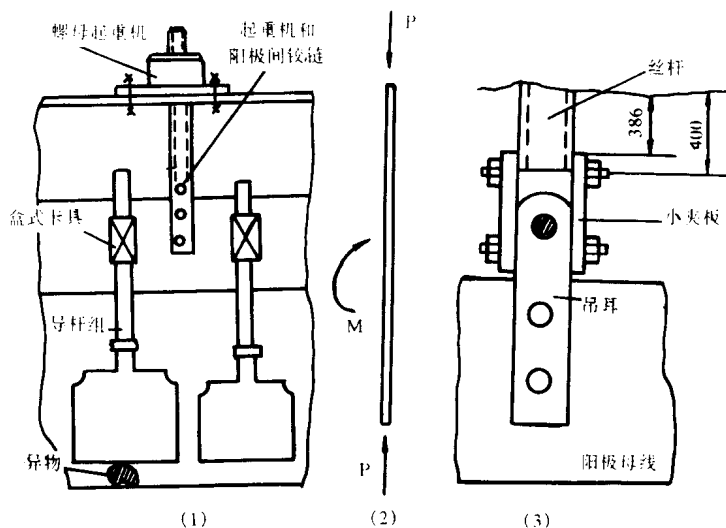


图 1.6 螺旋起重机丝杠弯曲原因及预防措施[(2)等效于(1)]

3. 阳极母线、夹具及阳极组

两块阳极母线由吊耳吊起,悬挂在螺旋起重机丝杠上。

在大面四点进电的 160kA 槽上,两块阳极母线和连接两者的平衡母线构成一个框架型结构(图 1.7)。

阳极母线靠卡具吊起阳极组。挂在勾子上的盒式卡具卡紧,使