



WISBOOK®
智慧图书

氧化铝回转窑 修理技术

编著 / 李安平 贾志军



海洋出版社

氧化铝回转窑修理技术

李安平 贾志军 编著

海洋出版社

2005年·北京

内 容 简 介

熟料烧成回转窑是烧结法生产氧化铝的核心设备，其正常运转是氧化铝稳定高产的重要保证。因此回转窑的修理质量和操作维护显得尤为关键。

本书的作者根据其多年在一线工作的修理实践和丰富经验编写了这本书。全书共十章。介绍了氧化铝窑的轴线测量和调整，筒体、滚圈和垫板、支承装置、传动系统、窑体内衬、回转窑密封、回转窑电收尘器及回转窑辅机等主要部件的修理工艺、方法和技巧。尤其在回转窑轴线测量、筒体对接找正、托轮调整、磨损件修复、密封安装等关键技术上有独到的见解。适合氧化铝与水泥行业回转窑工程技术和操作维修人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

氧化铝回转窑修理技术/李安平，贾志军编著 —北京：海洋出版社，2005.10
ISBN 7-5027-6222-1

I. 氧… II. ①李… ②贾… III. 氧化铝—回转窑—维修 IV. TF821.061.205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 101418 号

总 策 划：WISBOOK

责任编辑：钱晓彬

责任校对：肖新民 刘英

责任印制：肖新民 梁京生

排 版：海洋计算机图书输出中心

出版发行：海洋出版社

地 址：北京市海淀区大慧寺路 8 号 (716 房间)
100081

技术支持：www.wisbook.com/bbs

经 销：新华书店

本书如有印、装质量问题可与发行部调换

发 行 部：(010) 62132549 62112880-878、875
62174379 (传真) 86607694 (小灵通)

网 址：www.wisbook.com

承 印：北京东升印刷厂

版 次：2005 年 10 月第 1 版

2005 年 10 月北京第 1 次印刷

开 本：787mm×1092mm 1/16

印 张：10.5

字 数：250 千字

印 数：1~2000 册

定 价：30.00 元

序

氧化铝生产工艺复杂，设备种类繁多。在各类生产设备中，熟料烧成回转窑是烧结法生产氧化铝的核心设备。如何保证这个庞大系统的高效运行，保证氧化铝系统的稳定高产，在工艺流程和配料状况等一定的条件下，回转窑的修理质量和操作维护显得尤为关键。也就是说，回转窑的大修检修质量是保证回转窑高效稳定运行的重要前提。

近几年，氧化铝工业快速发展，设备技术不断革新，我国氧化铝行业又恰逢大批老工人退休离岗，很需要一本能够针对当前氧化铝技术发展，指导从事回转窑修理的技术人员和维修工人提高修理技术和修理质量的书籍。

李安平、贾志军两位同志是从事氧化铝回转窑修理多年的技术专家，具有比较丰富的理论水平和实际经验，曾多次和外国专家、国内同行进行过技术交流与合作，掌握国内外先进的机械修理技术，并多次参加有色金属行业组织的技术交流，所作学术报告多次获奖。他们编著的《氧化铝回转窑修理技术》一书，详细介绍了回转窑主要部件的修理工艺、方法和技巧。在回转窑轴线测量、筒体对接找正、托轮调整、磨损件修复、密封安装等关键技术上进行了深入的研究，具有独到的见解，提出了不少新观点和新方法。他们完成的“回转窑轴线与弯曲动静态测量成果”已在中国铝业2004年科技成果鉴定会上被确认为具有国际先进水平；开发的“利用计算机快速准确计算回转窑轴线”和“利用计算机分析回转窑筒体变形及弯曲状况”两种软件使回转窑轴线计算的精度和速度大为提高，具有很高的学术价值和实用价值。建议无论是回转窑维修人员，还是操作人员，通过认真学习和领会，用于实际，不断提高理论水平和操作技能，为中国氧化铝工业生产的发展壮大做出贡献。



2004年10月

前 言

熟料烧成回转窑是烧结法生产氧化铝的主体设备，它的运转率直接影响着氧化铝的产量。然而，作为大型重载高温运转设备，磨损、疲劳及机械故障不可避免。如何修理好回转窑，保持其高效运行，一直是各大氧化铝厂不断攻关的一道课题。

目前，有关回转窑修理的书籍很少，尤其是近几年，随着设备的不断更新改造，修理技术的不断提高，很需要一本指导回转窑维修人员的书籍。本书编者在全国最大氧化铝厂中国铝业股份有限公司山西分公司从事熟料烧成回转窑维修技术十五年，负责回转窑大型修理技术十余次，积累了一定的经验和技巧，汇总成书奉献给读者。关于回转窑的原理、结构，从事维修人员都很了解，本书主要以论述的形式，把回转窑主要部位和修理的关键技术、技巧予以阐述，使读者更加便于理解。

为本书编著提供资料的还有武建生、李智民、张军洪、王春、杨剑等同志，在此一并表示衷心的感谢。

本书经中国铝业股份有限公司山西分公司副总经理裴卫东同志审阅全稿，提出了很多宝贵的意见和建议，对提高本书质量给了很大的帮助，编者在此致以衷心的感谢！

由于时间仓促，水平有限，编者殷切期望广大读者对书中误漏之处，随时予以批评指正。

编者

2004年10月于山西

目 录

第一章 概 述	1
第一节 氧化铝回转窑简介.....	1
第二节 冷却机简介.....	4
第二章 回转窑的轴线测量	5
第一节 轴线静态测量技术.....	5
第二节 轴线动态测量技术.....	8
第三节 可调式旋转窑间隙测量仪的应用	14
第四节 回转窑轴线测量技术的智能优化	16
第三章 筒体修理	20
第一节 筒体简介	20
第二节 筒体制作工艺	21
第三节 筒体修理质量标准	22
第四节 筒体更换施工准备及主要工序	23
第五节 筒体对接与找正	26
第六节 回转窑筒节的整环挖补工艺	29
第七节 筒体的弯曲测量与校直	31
第八节 利用计算机分析回转窑筒体变形及弯曲状况	34
第九节 筒体焊接	38
第四章 滚圈与垫板修理	42
第一节 滚圈与垫板结构简介	42
第二节 滚圈与垫板修理质量标准	44
第三节 滚圈更换工艺	45
第四节 垫板更换与调整工艺	47
第五节 连续多个滚圈同时更换工艺	48
第六节 滚圈裂缝焊接	51
第五章 支承装置的修理	57
第一节 支承装置简介	57
第二节 托轮轴承装置的修理	60
第三节 挡轮修理	63
第四节 箱型钢底座修理	65
第六章 传动系统的修理	70
第一节 传动装置简介	70

第二节	传动装置修理质量标准	71
第三节	大齿圈修理与安装工艺	72
第四节	大齿圈的校圆	77
第五节	大齿圈裂缝补焊与小齿轮安装等修理工艺	78
第六节	传动齿圈振动分析与处理方法	81
第七章	窑体内衬修理	85
第一节	内衬简介	85
第二节	窑衬砌筑及修理质量标准	86
第三节	回转窑内衬检修规程	89
第四节	烧成带耐火砖的选择	93
第八章	回转窑轴线的调整	95
第一节	回转窑轴线概述	95
第二节	托轮调整对回转窑轴线的影晌量	96
第三节	利用计算机编程快速准确计算回转窑轴线	100
第四节	热膨胀对回转窑轴线的影晌	103
第五节	托轮调整方法	104
第九章	回转窑密封修理	109
第一节	回转窑密封简介	109
第二节	两种新型密封结构与原理	114
第三节	密封安装工艺	117
第四节	密封的安装技巧	120
第十章	回转窑电收尘器修理	125
第一节	电收尘器简介	125
第二节	电收尘器故障分析与处理	126
第三节	电收尘器修理技术与质量标准	131
第十一章	回转窑辅机修理	136
第一节	风机与调速液力偶合器振动处理	136
第二节	煤磨机修理	139
第三节	球磨机端盖裂缝补焊工艺	142
第四节	倾斜斗式提升机道轨的找正技巧	144
第十二章	回转窑修理质量与安全	147
第一节	通过关键环节提高熟料窑运转率	147
第二节	回转窑大修要点	149
第三节	回转窑大修质量控制措施	153
第四节	回转窑大修安全控制措施	156
	主要参考文献	159

第一章 概 述

氧化铝是一种白色的结晶体，它的用途很广，但主要用做电解制铝的原料，每生产一吨铝需要消耗 1.9 ~ 1.92 吨氧化铝。此外，有许多特殊品种的氧化铝还供冶金、机械、电子、石油、化工、制药等工业部门使用。随着铝工业生产发展的需要，氧化铝生产迅猛地发展起来。

氧化铝生产主要有拜耳法、烧结法和联合法三种。由于拜耳法具有流程简单，产品质量高，成本低等优点，因此拜耳法生产氧化铝在全世界占主导地位，其主要用于处理优质铝土矿。在我国已查明的铝土矿资源中，铝土矿品位低的高硅铝土矿占有很大数量，因而目前我国生产氧化铝主要以烧结法和联合法为主。中国铝业股份有限公司所属的六大氧化铝生产厂家，除广西分公司采用拜耳法，山西分公司采用混联法外，山东、河南、中州、贵州四个分公司都以烧结法生产氧化铝为主。

烧结法生产氧化铝是用铝土矿、石灰石和苏打混合制成生料浆，在高温下进行烧结，然后将烧结产物即熟料在稀碱溶液中溶出，分离出铝酸钠溶液经脱硅、分解，得到的氢氧化铝分离洗涤焙烧成氧化铝。在烧结法生产氧化铝的流程中，首先要将由铝土矿、石灰、碱等原料制成的生料烧结成熟料。烧结过程在回转窑中进行，烧成温度 1 300℃ 左右。因而熟料烧成回转窑是烧结法生产氧化铝的关键设备，其运转率高直接影响着氧化铝的产量和质量。

随着生产发展需要，回转窑规格越来越大，由多档支撑，属高次超静定系统，处在振动、露天、高温工作场合，在低速、重载、大扭矩下运转，其机械运行状况受各种因素影响，极其复杂。加上较大的附加载荷和冲击载荷，使其故障频繁。如何保证氧化铝回转窑平稳运行，检修与维护技术显得十分重要。

第一节 氧化铝回转窑简介

回转窑属于回转圆筒类设备。筒体以低速回转，筒体内有耐火砖衬及换热装置。物料与热烟气一般为逆流换热，物料从窑的高端（又称冷端或窑尾端）加入。由于筒体倾斜安装，在回转时，窑内物料在沿周向翻滚的同时沿轴向移动。燃烧器在低端（又称热端或窑头端）喷入燃料，烟气由高端排出。物料在移动过程中得到加热，经过物理与化学变化，成为合格产品从低端卸出。

回转窑是重型非标准机械，它的重量大，结构复杂。国内回转窑直径在 $\phi 3.5 \sim \phi 4.5$ m，长度在 90 ~ 110 m；安装斜度普遍采用 0.035 ~ 0.04，即倾斜角在 $2^{\circ}0'20'' \sim 2^{\circ}17'32''$ ；转速不大于 3 r/min。中国铝业山西分公司氧化铝回转窑为国内目前最大规格的氧化铝烧结

回转窑，直径4.5 m，长度110 m，重量1 520 t，五个档位支承。正常转速2 r/min，熟料产能56 t左右。

氧化铝回转窑结构见图1-1，主要由筒体、窑衬、滚圈、支承装置、传动装置、窑头与窑尾罩、密封装置、换热装置、燃烧器、喂料设备等部分组成。

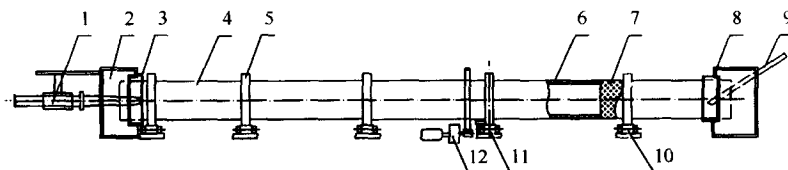


图1-1 氧化铝回转窑结构示意图

1. 燃烧器 2. 窑头罩 3. 窑头密封 4. 筒体 5. 滚圈 6. 窑衬 7. 热交换器
8. 窑尾罩 9. 喂料装置 10. 支承装置 11. 带挡轮支承装置 12. 传动装置

一、筒体与窑衬

筒体由钢板卷成，是物料完成物理与化学变化的容器，因而是回转窑的基体。筒体一般由碳素钢 Q235 制造，国外有用 16 Mn 钢制作。厚度 14 ~ 38 mm。窑内物料温度可达 1 450℃ 以上，故筒体内砌筑耐火材料（即窑衬），起保护筒体和减少散热的作用。根据物料在熟料窑内衬各段发生的物理化学反应，将筒体沿轴线划分成各工作带，通常为分解带、预热带、烧成带、冷却带等。工作带的种类和长度随物料的化学反应及处理方法而异。

二、滚圈

滚圈也称轮带，一般由铸钢加工而成。筒体、窑衬和物料等所有回转部分的重量通过滚圈传到支承装置上。滚圈可以传递数百吨重的载荷，其本身的重量也可达到几十吨，是回转窑最重的零件。

三、支承装置

支承装置由一对托轮轴承组和一个大底座组成，见图1-2。承受回转部分的全部重量。一对托轮支承着滚圈，既允许筒体自由转动，又向基础传递了巨大的荷重。支承装置的数量称为窑的档位数，一般有3~5档。在其中一档或几档支承装置上装有挡轮，称为带挡轮支承装置。挡轮的作用是限制或控制窑回转部分的轴向窜动。大型回转窑一般都有两个带挡轮支承装置。

四、传动装置

传动装置由主减速机、主电机、大齿圈、小齿轮等组成。由于操作和维修的需要，较大的窑还设有使窑以低转速转动的辅助传动装置。它的作用是通过设在筒体中部的大齿圈使筒体回转。大型回转窑一般都由两个主电机、主减速机和小齿轮带动大齿圈同步运行。齿圈用弹簧板联接在筒体上。

五、窑头罩和窑尾罩

窑头罩是连接窑头端与流程中下道工序设备（如冷却机）的中间体。燃烧器及燃烧

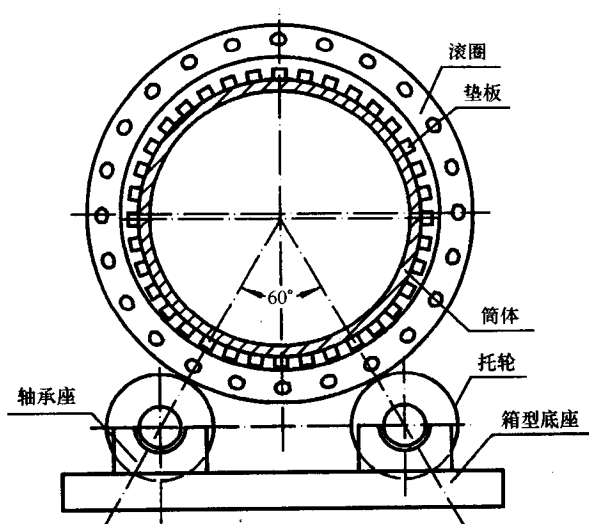


图 1-2 筒体支承结构示意图

所需空气经过窑头罩入窑。没有实现自动控制看火系统的回转窑，窑头罩还是看火工进行生产操作的地点，因此窑头罩上设有看火孔及检修门。目前，多数氧化铝生产厂家已采用自动控制集中看火系统。

窑尾罩是连接窑尾端与物料预处理设备以及烟气处理设备的中间体。烟气经窑尾罩排出而入烟道及收尘系统。物料由喂料设备直接喂入窑的尾部，对于带有外部换热装置的窑，则经换热装置处理后经窑尾罩入窑。

窑头罩和窑尾罩内都砌有耐火材料。

六、密封装置

氧化铝熟料烧成回转窑窑头罩和窑尾罩与回转的筒体之间装有密封装置，分别称为窑头密封和窑尾密封。其目的是为了减少外界冷空气进入窑内，影响窑内的热工制度，同时防止窑内空气携带物料外泄，污染环境，故对熟料烧成的整个工艺参数和设备高效运行，提高熟料烧成窑的产能及熟料质量，降低各种消耗具有重大意义。同时它对窑本身、冷却机、窑后换热器和排烟机高效运行都非常重要。

七、换热装置

回转窑筒体内安装各种换热装置，如链条、格板式热交换器等，其作用是增强换热效果，对提高热工效应和熟料产能及质量都有重要作用。

八、燃烧器

回转窑的燃烧器，大多从窑头端插入，通过火焰辐射将物料加热到需要的温度。燃烧器有喷煤管、油喷枪、煤气喷嘴等，因燃料而异。目前，大型回转窑多用喷煤管，经济实用。燃烧器有单通道、三通道、四通道等多种形式。当反应温度较低时，在窑头罩旁另设燃烧室，将热烟气通入窑内来供给热量。

九、喂料设备

喂料设备是回转窑的附属设备，安装在回转窑的尾部。碱石灰铝矿料浆用喷枪在压力下雾化后喷入窑内。喷枪也有多种形式，直接插入窑尾罩对回转窑进行供料。对喂料的要求是稳定、均匀、容易控制，以便配合窑的操作。一般用变速电动机驱动来调节喂料量。

第二节 冷却机简介

回转窑产生的高温物料需经冷却机冷却到一定温度，方可进行输送、贮存和进行下一步处理。根据需要，冷却机又可将高温物料携带的大量热量回收，使入窑的助燃空气预热到较高温度，以强化煅烧，降低热耗。目前，氧化铝生产厂家使用的都是单筒冷却机。

冷却机与回转窑结构组成基本一样，只是规格略小，一般直径为 $\phi 3 \sim \phi 4.5 \text{ m}$ ，长度在 $30 \sim 50 \text{ m}$ 。也是由筒体、衬砖、滚圈、托轮、挡轮支承装置和齿圈式传动装置等组成。机头、机尾根据需要配有进料装置及出料罩，机头有密封装置。见图 1-3。其主要换热装置为扬料板，扬料板使物料幕在筒体截面内均匀分布，以利于与通过的气流进行换热。为增强冷却效果，在筒体外部设有淋水装置。

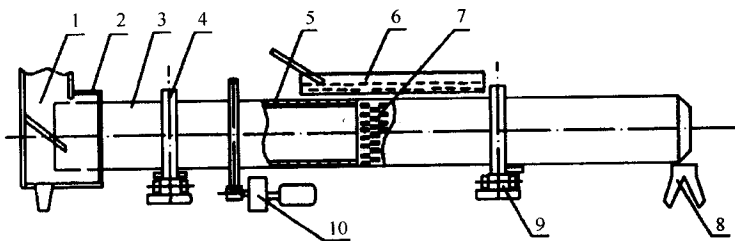


图 1-3 冷却机结构示意图

1. 下料室；2. 机头密封；3. 筒体；4. 滚圈；5. 内衬；
6. 淋水装置；7. 扬料板；8. 下料溜槽；9. 支承装置；10. 传动装置

冷却机进料端高，一般称为机头，出料端低，为机尾，在机尾下部有输送熟料装置，通常为裙式机。在机尾和裙式机间设有下料溜槽。筒体内部前半部砌筑耐火材料，后半部主要为扬料板。

第二章 回转窑的轴线测量

回转窑运行轴线弯曲程度和各支承受力状况是衡量回转窑机械运行状态的最重要指标。在修理和运转过程中保持筒体轴线的直线度和截面的圆度，是直接关系到延长回转窑内衬寿命、减轻不均匀磨损、减少机械事故、保证长期安全高效运转的重要因素。回转窑属重型热工设备，运转过程中，由于基础的不均匀沉陷、托轮轴瓦、托轮、滚圈内外圆的磨损、垫板间隙的增大，各处温度的差异、内衬剥落后的红窑及操作中热工制度的不稳定等因素的影响，都可能使回转窑轴线发生弯曲，筒体产生局部变形或弯曲，甚至扭曲。当弯曲过大，超过一定极限时，对传动系统和支承装置产生较大的附加载荷和冲击载荷，使其故障频繁；使筒体承受附加交变应力而产生疲劳裂纹甚至断裂；发生传动齿圈及窑体振动、托轮歇轮、底座晃动，内衬剥落，密封损坏等严重破坏现象，致使熟料回转窑无法正常运转。这时，只有通过回转窑轴线和筒体弯曲进行测量，同时调整各档托轮位置及垫板间隙，使回转窑水平和垂直方向的轴线符合要求，才能使问题得到根本解决。

前苏联 1975 年出版的《水泥设备易磨件的耐久性》一书中指出：“由于窑弯曲造成支承高差 10 mm 时，支承弯矩和筒体应力约增加 3 倍，托轮上的压力增加一倍。”可见，定期对回转窑轴线进行测量和计算，并予以调整，保证其轴线的直线度是窑体长期稳定运行的关键条件。

修理回转窑的轴线测量分停窑前的动态测量和冷窑后的静态测量，根据测量数据分析计算各档滚圈及筒体中心直线度，制定窑线调整方案。

如何测量回转窑轴线，给调整回转窑中心直线度提供可靠数据，一直是修理工作的一个重大技术课题。定期对窑线进行测量，并予以调整，对回转窑的正常运转有着重大的意义。

第一节 轴线静态测量技术

回转窑轴线静态测量是传统的测窑方法，目前国内大多数氧化铝厂家采用静态测量。有人工测量算法、经纬仪测窑法、激光测窑法、窑内测定法、窑外测定法等等。由于各企业的窑况和测量工具不同而采用不同的方法。但主要采取窑外测量法和窑内测量法两种。

一、经纬仪窑外测量法

经纬仪窑外测量法是通过测量回转窑各支承位滚圈外部，计算出各支承位筒体中心的水平及垂直轴线偏差。

1. 测量垂直轴线

(1) 在回转窑上方，取经纬仪视线离开滚圈正上方 1 m，并与窑轴线平行，固定经纬仪不动。用直尺（专用标尺）读出各档位滚圈最高点与视线的距离。为使数据准确，每隔 90° 测量一次，共测 4 点，取平均值。

(2) 测量各滚圈外径、滚圈与筒体垫板的顶间隙（也应测几点取平均值）。

(3) 计算各支承位筒体中心距视线的距离，以 I 档筒体中心为基准，求出相对差值，即为各支承位筒体中心垂直轴线偏差。

也可用水准仪测出各档滚圈正上方标高，依据各档位高差，滚圈外径、滚圈与筒体垫板的顶间隙等数据，出相对差值。

2. 测量水平轴线

测量水平轴线与垂直轴线方法基本相同。

(1) 在回转窑侧面水平方向，取经纬仪视线离开滚圈水平方向最外点 1 m，并与窑轴线平行，固定经纬仪不动。用直尺读出各档位滚圈最外点与视线的距离。每隔 90° 测量一次，共测 4 点，取平均值。

(2) 通过各滚圈半径，以 I 档筒体中心为基准，求出相对差值，即为各支承位筒体中心水平轴线偏差。

二、激光窑内测量法

在大窑筒体内各支承位处筒节中心设测标架（见图 2-1），用长划规找出筒节圆心，以 I 档和 V 档圆心为基准，用激光打出基准线，进行直线度的测量，并作好标记和标志，记录好偏差。依此计算并绘制出各个档位水平及垂直窑线。此测量方法直观简单。

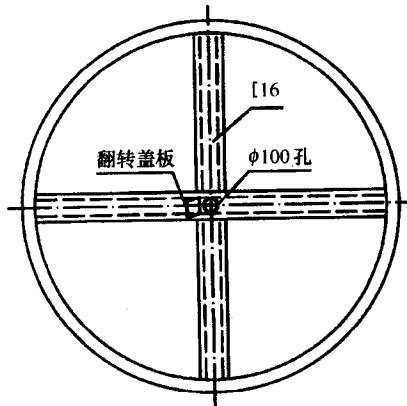


图 2-1 测标架找正示意图

用长划规找筒节圆心时，以略大于筒体半径的长度为半径在翻板上画弧，每隔 90° 画一弧，四条弧的交点即为筒体的中心。

三、其他静态测量

由于使用经纬仪窑外测量法存在经纬仪在 60 m 以外视线模糊，滚圈最高点与最外点不宜掌握以及直尺测量的人为误差等有些地方已不再采用。激光窑内测量法直观简单，但

适宜于新窑安装或新筒节更换,当支承位筒体变形时,长划规找中心所画的弧为不规则图形,确定中心有一定的误差。因此,目前对回转窑轴线的静态测量还可以使用人工测量,计算机软件计算的方法。

1. 对箱形底座横向中心进行找正

用经纬仪对窑上5个档托轮下的箱形底座中心进行返点,使其在一条直线上,并作好标记。返点时以I档或IV档和大齿圈底座中心为基准。对箱形底座横向中心进行找正,目的是防止底座晃动使中心位移。

2. 对支承装置零部件进行常规测量

(1) 对各档滚圈周长、各托轮周长、各档托轮的开档距、半开档距(测开档距、半开档距时以新返中心点为基准)进行测量。

测量滚圈和托轮周长以前用软皮尺测量,测两个位置取平均值。目前,开发了一种大直径圆周测量仪,结构简单,使用方便,测量准确。托轮开档距、半开档距的测量,以前采用吊线锤和直尺测量,现开发出托轮开档测距仪,测量数值准确可靠。托轮开档测距仪见图2-2,以水平刻度尺中部为基准0向两侧标有毫米刻度,水平尺两侧的紧固装置可以滑动,并装有指针。当紧固装置插入托轮端部的加工锥孔紧固后,指针就指示出此端托轮的半开档距。

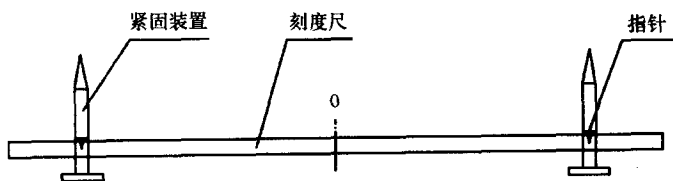


图 2-2 托轮开档测距仪示意图

(2) 测量各档托轮的各轴头标高

轴头标高用水准仪进行测量,由于有瓦罩装置,不能直接测出轴头端部中点的标高,一般用小角尺、钢板尺等配合,测出瓦罩外端部中点的标高,通过伸长距、加工锥孔直径计算出轴头端部中点的标高。

(3) 测量各档滚圈与筒体外部垫板顶间隙

测量垫板顶间隙时,慢转窑体,在窑体正上方滚圈两侧进行测量,每边各测12个点,取平均数,力求精确。现在,一般使用可调式旋转窑间隙测量仪进行测量(本书后面将予以介绍),测量方便,数据更加准确可靠。

3. 利用计算机软件计算回转窑轴线

把以上采集的数据输入计算机程序中,即可打印出各个档位的水平和垂直窑线状况(与设计理论位置的偏移),同时能绘制出各档滚圈处筒节的实际中心与理论筒体轴向中心线的位移。其简要原理是在I档某托轮上选一基准点,把各档滚圈、托轮、筒体、垫板间隙、半开档距及轴头标高等有关数据的设计理论值输入计算机,绘出水平和垂直方向理想的窑线图。再把实际采集的有关数据输入计算机,绘出水平和垂直方向实际的窑线图,由于基准点相同,两者相比较即可通过计算机算出各个档位的窑线状况并打印输出。

第二节 轴线动态测量技术

虽然大多数氧化铝厂家目前对窑的轴线检测还多是静态测量,但静态测量数据多,计算复杂,误差大,而且只能在窑冷却状态下进行,数据不真实。即使用计算机处理数据,由于原始数据的误差,其结果总有一定的偏差,给窑轴线的调整带来一定的困难。由于窑体机件磨损不均,加上人为的测量误差和热工设备的温度效应,这种静态测量的结果与回转窑正常运转下的状态有明显的差异。无论是窑的长度,还是各段滚圈、筒体的直径都发生不同的增量。这些增量造成窑轴线的偏移,有时甚至超过了允许偏差值的数倍,降低了测量结果的精度。因此,静态测量的窑线结果只能作为调窑时的参考数据。而回转窑动态测量仪,不仅能在窑运转过程中进行测量,数据真实,更重要的是测量准确,误差极小,而且操作简单,速度快。一切数据用计算机处理,结果可靠。只有在窑体热态下(正常运转过程中)测量的窑线状况才具有真正的价值,对窑体检修和窑轴线的调整具有指导意义。

一、回转窑轴线动态测量技术的发展

回转窑轴线动态测量是在窑体热态正常运转过程中,测量筒体回转中心的直线度。根据这一机理,国内外专家研究出了几种动态轴线测量方法。如:滚圈位置测定法、托轮位置测定法、筒体位置测定法等。由于筒体易变形,圆度难以保证,托轮磨损较大,与滚圈接触面不平直,而滚圈变形及磨损相对较小。因此现在的动态轴线测量仪多采用滚圈位置测定法。目前,国内比较先进的回转窑动态轴线测量仪有武汉工业大学研制的“KAS-02”动态测量系统和山东铝业公司研制的“回转窑轴线动态测量仪”两种。但其仍然存在着操作复杂、影响精度因素多等不足。中铝山西分公司目前研制的“回转窑轴线动静态测量仪”应用效果也较好。随着激光精度的提高,计算机技术的发展,回转窑动态轴线测量仪的结构和测量精度也将不断发展和提高。

二、“KAS-02”动态测量系统的原理及应用

武汉工业大学研制的“KAS-02”动态测量系统主要用位移传感器和经纬仪进行测量。另带有各路位移变送器、带磁性的起始器、滚圈与筒体间隙测量仪、微机等设施。测量原理与静态下“经纬仪窑外测定法”基本相同,即测量每个档滚圈外径水平方向和垂直方向的坐标,然后计算出各档处筒体中心的坐标,以确定窑线。测量水平方向窑线时,先用经纬仪确定一条基准线,在滚圈外径最大直径处,南北各设一部位移传感器,通过位移传感器上的滑动砣标调整,使在各档测量时基准都相同。滚圈在转动过程中,位移传感器把数据通过信号电缆传输给计算机。测量垂直窑线时,在滚圈最下方支设一部位移传感器,基准同样用经纬仪定位,把数据传输给计算机。最后由计算机通过专门的计算机软件得出回转窑窑线的水平偏差和垂直偏差。见图2-3。

武汉工业大学研制的轮带间隙测量仪也比较先进,它是通过测定滚圈和筒体的转速及周期时间来计算滚圈和筒体的周长差,除以 π 即顶间隙。见图2-4。

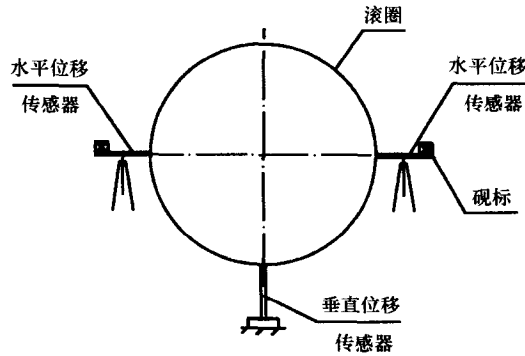


图 2-3 “KAS-02” 动态测量系统的测量示意图

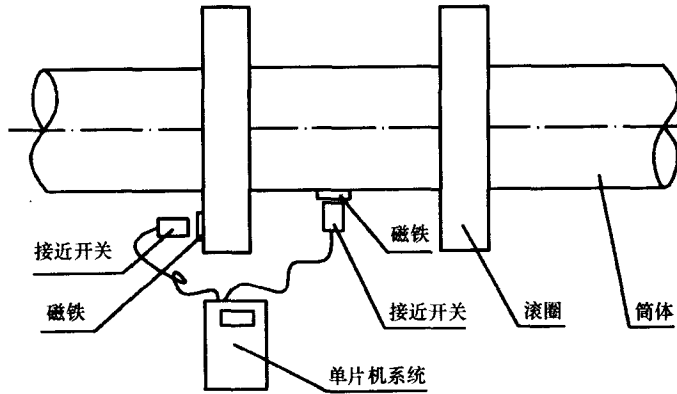


图 2-4 轮带间隙测量示意图

1997年、1999年曾两次利用“KAS-02”动态测量系统对中铝山西分公司一号窑、五号窑及三号冷却机窑线进行了系统测量，发现测量结果与窑的实际运行状况吻合，精度较高。依此测量数据对五号窑和三号冷却机进行了调整，解决了五号窑齿圈振动和三号冷却机长期上下行不稳等问题，收到了良好的效果。同时也发现此测量系统存在一些不足之处：①操作复杂、测量时间长。测一台窑需一天时间。②水平测量位置高，不便于操作。③定基准时间长，且存在偏差。④滚圈外径最大处难找，存在偏差。

三、山东铝业公司“回转窑轴线动态测量仪”的原理及应用

山东铝业公司研制的“回转窑轴线动态测量仪”由两个位移传感器、水平标尺、竖支架、光束位移校正器、计算机、激光经纬仪等组成。测量前，先用高精度激光仪打出光束从V档北侧1米左右处直射I档作为测量基准线。其基准线与窑体平行，斜度一致。测量时把支架固定，横杆水平，两位移传感器触于滚圈外圆。通过传感器伸缩采集数据，经计算机处理就可以计算出此档滚圈处筒节中心坐标，依此计算并绘制出各个档位水平及垂直窑线。测量中由于基础晃动，在测量仪上加一位移校正器，使测量数据更加真实可靠。

1. 原理

假设滚圈为一圆A，半径R已知， P_1 、 P_2 为圆A上两点，如图2-5。在平面直角坐标系中，若知 P_1O 、 P_2O 的长度及 α 、 β 两角的大小，即可求出 P_1 、 P_2 两点的坐标。因半径R可知，便能求出圆A的圆心坐标(x, y)，既滚圈的中心坐标。回转窑轴线动态测量仪，正是利用这一数学原理成功而准确地进行窑线测量。

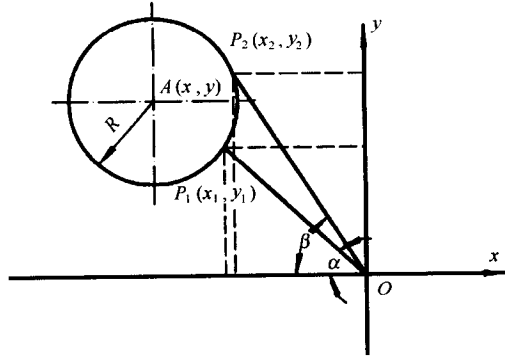


图2-5 “回转窑轴线动态测量仪”的测量原理图

2. 动态测量仪的结构简图及实现方法

轴线动态测量仪结构如图2-6，主要由以下几部分构成：

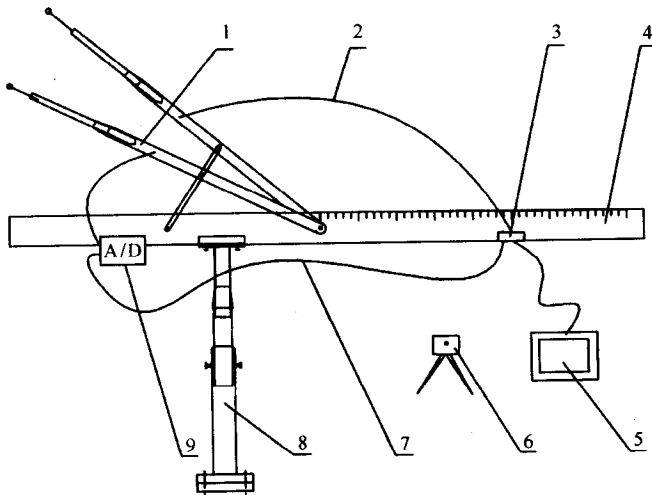


图2-6 回转窑轴线动态测量仪的结构示意图

- 1. 位移传感器；2、7. 数据线；3. 光束位移校正器；4. 水平尺；
- 5. 笔记本电脑；6. 激光经纬仪；8. 竖支架；9. A/D转换卡

- (1) 横支架：相当于X坐标，上有1 m长的刻度。
- (2) 位移传感器：量程100 mm，用以测量滚圈外圆各点的偏摆量。