

免责声明：上海矿山破碎机网：<http://www.jawcrusher.biz>本着自由、分享的原则整理以下内容于互联网，若有侵权请联系我们删除！

上海矿山破碎机网提供沙石厂粉碎设备、石料生产线、矿石破碎线、制砂生产线、磨粉生产线、建筑垃圾回收等多项破碎筛分一条龙服务。

联系我们：您可以通过在线咨询与我们取得联系！周一至周日全天竭诚为您服务。



更多相关设备问题，生产线配置，设备报价，设备参数等问题

可以**免费咨询**在线客服帮您解答 | 24小时免费客服在线

一分钟解决您的疑惑

点击咨询



碳化硅的冶炼设备

余国威摘要：介绍大中型直流碳化硅冶炼炉整流变压器变流器的结构原理接线及电气参数；探讨抑制谐波和节电降耗的技术措施。几十年来除郑州三磨所外，尤其是冶炼方面没有自己的研究机构，除以前的郑机专和近来的河工大外，大中院校科系中无此专业，也没有多少系统的文字资料。今蒙《磨料磨具》杂志社约我撰写碳化硅发展史，一谈到史有点太严肃，恐怕我不能胜任，我只能尽自己所知，以一个行业老人的身份，向行业后来的佼佼者讲述一些旧事。

我国现代磨料磨具的奠基者和碳化硅的发源地--原第一机械工业部沈阳第一砂轮厂在我国要提到磨料磨具或碳化硅，就不能不提到沈阳第一砂轮厂，这第一砂轮厂（虽已于年破产）是年沈阳解放后，从日商手里接收的，始建于年，原为日本吴制砥所株式会社满洲分所的一个作坊式工场。

解放后更名为沈阳市机械第十三厂，年月中华人民共和国成立后，又更名为第一机械工业部苏家屯砂轮厂，这是我国当时唯一的一家砂轮厂，但生产需要的刚玉和碳化硅等主要磨料，尚依赖从日本和朝鲜进口。这一联串磨料的试制成功，加上自年起，中苏关系出现了裂隙，磨料磨具对国家生存和建设的重要性更为凸显。在这段时间里，一砂曾为许多兄弟厂和同行行业了大量的专业管理人才：五十年代就接受了一机部工具科学研究院（现

郑州磨料磨具磨削研究所和哈尔滨工具研究所的前身)二砂(从厂长到全体职工)三砂等来厂实习;六十年代接受了上海苏州合肥和牡丹江等地方砂轮厂来实习;碳化硅的冶炼设备还接受过朝鲜越南和阿尔巴尼亚的实习生。可以说,现在或曾经活跃在磨料磨具行业的资深专家和行业企业领导,如王津钱惟圭黄炳磷孟庆辉何以权王辅生张念东范世纶周甫浚曾继良甘素贞和陈和生等,无一不与一砂有着各种各样的渊源,所以说,第一砂轮厂是我国现代磨料磨具行业的奠基者。

冶炼设备

我国的碳化硅工业生产始于年,由当时苏家屯砂轮厂的电气技术员徐学政(苏州人,来厂前在苏州开过电器商店,但因政治或排挤等原因被定为而送进,年代平反后回过厂)和电工赵广和(因此而获全国劳模助理工程师)等借鉴日本出版的一本已无封面也无书名的开装小册子(估计不是日本昭和电工就是窝臼岛电工的早期出版物),其中有一页半以日文简述碳化硅工业生产的设备和原料,碳化硅的冶炼设备还附有一张卧式电阻炉的照片和一个填有数字的原料配方表。后来在中科院大连(现在的沈阳)金属研究所研究员曹子让先生帮助下,借鉴和参考来自苏联的一册,由苏联科学技术候补博士卡缅采夫编写的,人工刻印的《人造磨琢材料》上所述的碳化硅冶炼内容。以三台KVA单相交流变压器供十二台五米长,耐火砖砌的槽式电阻炉,分成三组开始了我国最初的碳化硅工业生产,所以说一砂是我国碳化硅工业生产的发源地。

(一)磨料用碳化硅生产时期(年代初至年代末)一生产厂家规模与年产量这一时期中,自年开始,我国开始了工农业大跃进,当时我国的工业建设是以钢铁等重工业和机械制造业为主,故对磨料磨具的需求也随之日益增长。

至年代末,其中能生产碳化硅的企业有:一砂二砂(年开始生产生产磨料)牡丹江砂轮厂上海砂轮厂浑江金刚砂厂湖北丹江口金刚砂厂和苏州砂轮厂等,但单台电炉的容量和总体规模都不大,其中较大的有:一砂拥有容量为KVA三台二砂拥有容量为KVA四台牡砂有一台容量为KVA的浑江有两台总容量为KVA的上砂有一台KVA的。但在计划经济的条件下,一些地方砂轮厂根本分配不到磨料,尤其是碳化硅中的绿碳化硅,市场上根本买不到,到了文革时期,凡是要用绿碳化硅的砂轮厂或地区就利用一切可能上碳化硅项目,以至城市的街道农村的公社,凡是有点条件的地方又陆陆续续上了一些碳化硅厂或车间,如江苏马鞍山海州浙江德清湖南汨罗江西庐山吉林榆树河北唐山山东滕县辽宁新宾大连旅顺丹东浪头沈阳铁西启工街道河北迁安夏官营公社和辽阳邵二台子公社等都开始了绿碳化硅的冶炼。这一时期中,自年代中期,辽宁的葫芦岛锌厂就开始,在7KVA电炉上,以石油焦炼制黑色碳化硅,用以制作制锌的反应釜。当然,后期如一砂用碳化硅生产一些陶瓷结合剂的碳化硅耐火板

，碳化硅的冶炼设备还有第五砂轮厂和唐山碳化硅厂生产过一些小型的碳化硅陶瓷等非磨削用途的碳化硅制品。年代初，一砂的炉心体是圆形的，先以水泥袋纸和白细布用糨糊糊成一直径固定的与电炉长度等长的圆筒，一头用绳扎住，先装入一部分砸成厘米左右的碳素块，然后吊起，边用木锤敲打（以增加填充密度）边装入同样的碳素块，装实后再扎上。四块装炉心的隔板和分隔反应料与保温料的隔板随着炉体的增大和加长，木质的隔板被钢板所代替，为了防止装料时碰歪，最后才将四块钢板联结成了现在的两个反应箱。

解决绿黑碳化硅难产当时主要生产的是磨料用的绿碳化硅和少量的黑碳化硅以及避雷器碳化硅，除了一本《人造磨琢材料》外，没有专门炼制绿碳化硅的资料或文章可供借鉴，只能靠自己摸索，在196年前，各厂在绿碳化硅的冶炼上很不稳定，下部的结晶绿了上部的不绿，两头的绿了中间的不绿，里面的绿了外层的不绿。

最后碳化硅的冶炼设备还是一砂自行不断提高原料的纯度和在焙烧料工艺的配合下，终于在年至年间，解决了我国碳化硅生产史上，历时十多年的绿碳化硅生产不稳定这一难题。并于年在磨料磨具磨削研究所主编的《经验交流》（也现在《磨料磨具磨削》）上，公开发表了由我代表一砂赵广和石世鸣陈玉江和李友才等撰写《关于稳定生产绿碳化硅的若干工艺问题》的。直到年，一砂在对各地硅砂品位的调研过程中，发现了江苏东海县一带（包括临近的新沂市和山东赣榆县）地下开采出的脉石英，其色洁白，破碎后的颗粒几近透明，其出售的上白砂SiO₂含量普遍在%以上，而精白砂的SiO₂含量可达~%当地农民在采挖过程碳化硅的冶炼设备还不时挖出水晶，其中最大的一块保存当地地质部门的矿内，水晶单体重达六吨多，晶体六边周长有一抱多粗。至此，东海石英砂成了我行业炼绿碳化硅的一大至宝，迅速在全行业被，国内用石油焦炼制绿碳化硅再也不是什么难题了。此前，做磨具用的黑色碳化硅，从绿炉中出的黑碳化硅就够用了，绿炉出的结晶全绿后，生产磨具用的黑碳化硅必须投黑炉来炼制。

一砂于年三季开始专门用石油焦和硅砂来炼制黑碳化硅，可由于当时的硅砂纯度很高，整整一个季度投了个黑炉，没有一炉整炉出过像样的黑结晶，在一砂一时出现了黑碳化硅难产的现象，无论用全新料（为了排除含盐的保温料）反应料中加入一定量的矾土或含铝钙镁较多的粘合物（现在的三级品）反应料之硅碳比碳过量到每颗结晶都顶有一颗碳粒（硅碳比严重碳过量的特征），可整炉结晶碳化硅的冶炼设备还是浅绿发白或不黑不绿半黑半绿，最后只好用含SiO₂%左右的许家屯硅砂，黑碳化硅难产始得解决。

由此，当时得出的结论是，用石油焦与纯度很高（SiO₂含量大于%）的硅砂来炼制黑碳化硅是不可能的，当然也给后人留下了用很纯净的硅砂和石油焦碳来炼制绿碳化硅使不加盐，也是可能的同时为了适应石油工业炼焦工艺的改革（由原来固定碳~%的釜式焦变为当时固定碳只有%左右的延迟焦）而形成的反应料炉底焙烧法，纳入了用石油焦炼制绿碳化硅冶炼的正常工艺-焙烧料工艺，一直沿用至今。

可一时又找不到其碳化硅的冶炼设备适用的含碳原料，只有通过将延迟焦干馏去除其挥发份和水份，考虑冶炼炉炉槽内的下部反应区和保温区，冶炼过程其温度可达 \sim ，如将配好的反应料装入其间，则炉料中的油焦就像经过一次干馏（焙烧）一样可将其挥发份全部挥发掉，再将这经过焙烧的炉料投入下一炉的反应区，定能达到用釜式焦冶炼时一样的质量指标。经过多个轮次的试验，克服了浇水冷却出料运输对焙烧料硅碳比的影响，终于获得了成功，而且碳化硅的冶炼设备还出乎预料的比用釜式焦冶炼时的产量碳化硅的冶炼设备还高。总结其原因主要是：粉状的碳粉经焙烧后烧结成多孔的球状，改善了炉料的透气性；焙烧后的炉料堆密比新料要大一些；原本散落在下部保温料中的下部二级品（绿炉的结晶筒下部因结晶疏松而形成下部开口的马蹄状）得以随焙烧料回到下一炉的反应区而得以利用等。但在设计绿色碳化硅炉的结构与容量时必须考虑，在炉槽焙烧的炉料量必须正好用于下一炉反应区的需量，而且要随时注意调整下一炉反应料的硅碳比。避雷器碳化硅的试制成功避雷器碳化硅，是专门用于高压或超高压输电线路，导雷入地的一种具有非线性电导性能的特种碳化硅，用碳化硅的冶炼设备加工后制成的阀片是高压避雷器的核心材料。高压输电线路的架空零线通过此避雷器接地，正常输电情况下，碳化硅的冶炼设备对地是绝缘的，线路遭遇到超高压超强电流的雷击时，这阀片却变成了良导体，将这超高压强电流导入大地而保护了输电线路。时至年，当时的一机部，就给西安电瓷研究所一砂和抚顺高压电瓷厂下达了高压避雷器用碳化硅的研制任务，由我与西瓷所的韦技术员（女）和抚瓷的张技术员，组成了试制小组，在一砂的电炉上试制避雷器碳化硅，由抚瓷做阀片，由西瓷所做性能测试。开始在正常的黑碳化硅炼制的原料中添加氧化铝粉或矾土粉，效果不是太好，不能耐太高的电压，后来用含 Al_2O_3 ~%的无烟煤与含 SiO_2 99.%的硅砂作原料，不断调整炉料中的 Al_2O_3 含量进行反复试验，终于在炉料含 Al_2O_3 1.~%的条件下，炼制成功了符合要求的避雷器碳化硅。

这一时期的工艺装备）从供电设备方面来说，基本上都用交流单相变压器供电，只是调压方式是多种多样的，大多数是采用变压一次线圈抽头调压有串联自耦变压器调压（一砂）串联磁扼电流放大器调压（二砂）串联容量较小的升压变压器调压（苏砂）等。只有河北迁安县夏官营公社碳化硅厂的KVA的电炉采用直流供电，而且是采用可控硅整流元件进行整流并调压，由于当时整流元件的各种参数很不一致也不稳定，所以整流效率和调压效果很不理想，但毕竟是开了我国碳化硅冶炼史上，尝试用直流供电晶体管整流流和调压的先河。而直流供电与交流供电相比其主要优点是：不用考虑供电网三相负荷的平衡，可以选用较大功率的炉用变压器（如直流供电采用一台炉变容量为KVA三相整流变，而交流供电就得考虑电网三相负荷的平衡，只能选用三台KVA单相交流变）；免除了交流供电时大电流短网的感应损耗，提高了功率因数；同样的送电功率下可以对电炉采用高电压低电流供电，以减少变压器二次线圈和直流母排的截面和损耗；基本上可以免除工人在送电炉周围操作时触电的可能性等。

因此说，碳化硅冶炼采用直流供电，无论从供电设备制造导电母排与电极的选用碳化硅的冶炼设备还是在冶炼

产品的产质量和经济指标和安全方面都要优于交流供电。)从电炉结构方面来说,基本上碳化硅的冶炼设备还是没有脱离艾奇逊卧式电阻炉的槽式结构,只是大小和槽底形状(有矩形的倒梯形和弧形的)有些不同而已。

)从配混料装出炉和炉料传送的工艺装备来说,基本上和现在的生产企业无明显的不同,配料的称量一般的碳化硅的冶炼设备还是用手推车和,只有二砂(白鸽集团)最先使用压电元件的电子秤称量,一砂用轨道秤车称量。

)活动炉这期间在冶炼工艺机械化方面,虽想尽了办法,但由于固定炉冶炼,各工序要在不同地点不同的炉上实施机械化确实有一定的困难,一砂和二砂在年代初先后使用了活动炉冶炼碳化硅。

碳化硅设备

再由拖车(亦称托车)拖送到各个炉位(有装炉炉位送电炉位冷却炉位提侧墙清保温料炉位分级炉位和出炉底料炉位)上,各工序的位置一固定,也就便于各工序的机械化了。这活动炉的投产,可以说是碳化硅冶炼工艺装备机械化方面的一项突破,也确实领先于当时各国的碳化硅冶炼工艺装备,但如炉型太大时,炉车和拖车受重量限制,不能采用活动炉。)首次在碳化硅冶炼过程的温度测定碳化硅冶炼工艺的调处,之所以至目前碳化硅的冶炼设备还处于经验型而较难驾驭,就是因为整个冶炼过程无科学观测手段进行观测,从炉心体到炉表,各料层的温度很难测定固气转化晶体的形成与成长以及气体流动的方向等情景更无法直观得知,工艺人员只能从冶炼前后与冶炼过程的种种现象和积累的经验来进行分析推理。先是用铁管的铂铑热电偶插入冶炼炉炉料内,虽可获得被测点的升温曲线,但限于铂铑热电偶的测温范围,只能在C左右,只能测到保温料某处的升温曲线。在测定反应区的温度上,一砂是用一根直径毫米,长毫米的石墨化电极,在其一端钻两个直径毫米,底端相通的深孔。在装炉时,将这电极无孔而很薄(小于毫米)的底端,置于欲测温的料层处,冶炼过程在电极外露侧墙外的一孔通以惰性的氩气(以防C以上高温下电极氧化产生烟雾),从另一孔用光丝高温计来测定电极底端薄壁的温度。测一次能得到某一点的升温曲线,限于当时只有能测C的光丝高温计,因此只能测得反应区边缘的温度,又因每测一次,就得因氧化或出炉或提侧墙时弄断电极,毕竟工厂不是研究机构,测了几次也就因经费等原因就停止不测了,但这毕竟开了碳化硅冶炼测温的先河。

有关碳化硅冶炼系统资料的形成于~年文革期间,在对各行业的整顿中,一机部就下达了《机械工程手册》与《磨料磨具手册》的编撰任务。我行业由磨料磨具磨削研究所组织实施,于年冬由我编撰完成了《磨料磨具手册》磨料篇中的第三章《碳化硅冶炼》的征求意见稿,打印份,发往有关单位征求意见,后因的下台而没有出

版。这是我国在碳化硅冶炼方面首次有了自己比较系统的手册式的书面资料，也是我国用石油焦冶炼绿色碳化硅二十多年的初步总结，限于当时的水平，很不全面，尤其是以无烟煤冶炼碳化硅方面几乎没有涉及，在电炉设计方面甚至起了误导作用，但这毕竟是我国的首次。

所以在这一时期，我国各地凡有生产能力的碳化硅企业而因电价贵成本高和环境不宜等停产的，又都纷纷投产，凡在环保允许的地区也都大大小小的新增了不少碳化硅的生产厂家。如第七砂轮厂第五砂轮厂吉林的敦化辽宁的宽甸辽阳的参窝以及河南河北山东山西等地都不断增加着碳化硅的产能，但除七砂与敦化投入的KVA电炉外，电炉容量都比较小，且当时石油焦碳化硅的冶炼设备还是属于国家计划调拨的物资，一般小企业很难购得到，因此各地特别是河南和山西就用土焦高灰份无烟煤和钢焦等各种含碳原料来生产，一级品的质量虽然低劣，但产出的产品只要SiC含量够就可供出口。碳化硅的冶炼设备还有将原已淘汰或停产的设备迁往电量相对充裕电价很低的西北地区，如一砂在银川合资建了银川碳化硅厂天砂在石嘴山建了石津碳化硅厂和连（云港）砂在宁夏建了惠农碳化硅厂等。而且碳化硅的冶炼设备还带动了当地如宁夏的简泉碱沟山大平平罗，青海的多巴大通民和平安驿，甘肃的永登刘家峡树坪等地纷纷开始建立碳化硅生产企业。此时，我国的碳化硅年产量也由改革开放前的三万吨，突升至六万吨，如包括在建的项目，则碳化硅产能已超过十万吨。碳化硅冶炼专着的出版随着碳化硅生产发展的形势，工艺人员的明显不足，以及在职职工的技术等级的考核等。郑州中国磨料磨具公司于年前后，组织编写出版了：由一砂石世鸣先生编写的《碳化硅冶炼工艺学》初级本，由一砂余森与石世鸣先生合编的《碳化硅冶炼工艺学》中级本，由余森先生编撰的《碳化硅制造》《技工考试习题集》以及《磨料磨具手册》等书籍。

原文地址：<http://jawcrusher.biz/xkj/y0sUTanHuaDloQq.html>