

电石生产 工艺学

成都科技大学出版社

熊 谟 远



内 容 提 要

本书收集了我国三十多年电石生产的经验和成果,较详细地叙述了电石生产原理,电石炉的类型及操作方法,有关电石炉的设计计算程序和电石生产用的原料,并对开放炉、半密闭炉、密闭炉的操作控制要点、开停炉操作、炉气净化、原料处理方法以及生产中的安全技术问题作了介绍。还简单介绍了电工学和化工原理的基础知识。

本书专供电石中级工技术理论培训之用,也可供有关的工程技术人员参考。

电石生产工人中级技术培训教材

电石生产工艺学

熊漠远 编著

成都科技大学出版社出版发行

四川省新华书店经销

四川省平武县印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 11.5

1988年10月 第一版 1988年10月 第一次印刷

印数: 10,000 字数: 248千字

ISBN7-5616-0153-0/TQ·26(课)

定价: 2.80元

前 言

随着我国化学工业的飞速发展，电石生产在国民经济中起着越来越重要的作用。为搞好电石工人中级技术的培训，统一教学要求和标准，保证培训质量，根据一九八八年一月化工部教育司、劳资司88化培字第004号文件批准的《化工电石工人中级技术理论教学计划教学大纲》以及部制定的电石工人技术等级标准和电石生产的实际而编写这本教材。

本教材在编写制订过程中，力求适合电石生产特点，着重技术理论与生产实践相结合，基本上做到，既有理论，又有实际，既立足当前，又适当考虑到今后电石工业发展的需要。

这本书主要是为培训电石中级工而编写的，当然也是电石从业人员的参考资料。如果这本书在社会主义经济建设时期，尤其是在改革时期，能够对全国各地从事电石生产的工作者有所裨益的话，则著者将感到莫大的愉快。

由于时间和技术能力有限，错误和缺点在所难免。如蒙读者指正，极为感谢！

熊谟远

一九八八年三月

目 录

第一篇 电石生产基础知识	(1)
第一章 电石生产中的基本问题	(1)
第一节 电石生产工艺流程.....	(1)
第二节 物料平衡与能量平衡.....	(5)
第二章 电石生产原料的准备及输送	(33)
第一节 固体物料的处理.....	(33)
第二节 流体的输送.....	(48)
第三节 气体输送.....	(70)
第三章 电石生产中的热量传递	(74)
第一节 概述.....	(74)
第二节 固体壁面与流体间的热量传递.....	(86)
第四章 电石炉电气系统简介	(96)
第一节 电学基础.....	(96)
第二节 电石炉变压器.....	(114)
第三节 短网.....	(137)
第二篇 石灰生产专业	(153)
第一章 石灰生产所需要的原料与燃料	(153)
第一节 对石灰石化学成分及粒度的要求.....	(153)
第二节 对燃料的要求.....	(154)
第二章 石灰石煅烧	(156)
第一节 石灰石煅烧原理.....	(156)
第二节 石灰生产的工艺流程.....	(161)
第三节 石灰窑生产能力计算与停留时间.....	(165)
第三章 石灰窑	(168)
第一节 石灰窑结构.....	(168)
第二节 石灰窑的操作管理.....	(171)

第三篇 电石生产专业..... (178)

第一章 电石生产所需要的原料..... (178)

第一节 对原料化学成分的要求..... (178)

第二节 原料中的杂质对电石生产的影响..... (180)

第三节 石灰中生烧和过烧对电石生产的影响..... (183)

第四节 对原料粒度及水分的要求..... (184)

第五节 炉料配比的计算..... (191)

第二章 电石炉操作..... (195)

第一节 电石的物理及化学性质..... (195)

第二节 电石生成原理及过程..... (199)

第三节 电石炉的正常操作..... (210)

第四节 电石生产过程中的故障及处理..... (231)

第五节 电石炉的开炉及停炉操作..... (234)

第六节 电石生产的优质高产和低消耗的关键..... (248)

第七节 电石炉内电流和电阻的分布..... (249)

第三章 电石炉设备..... (251)

第一节 炉体..... (251)

第二节 变压器和短网..... (262)

第三节 电极设备..... (263)

第四节 出炉系统设备..... (273)

第五节 炉气净化设备..... (276)

第六节 液压系统..... (281)

第四章 电石生产工艺参数的选择与计算..... (286)

第一节 电石生产工艺参数的选择与计算..... (286)

第二节 电石炉设计的基本知识..... (294)

第五章 电极糊..... (308)

第一节 概述..... (308)

第二节 电极的特性..... (310)

第三节 电极糊的原料..... (312)

第四节 电极糊的制造..... (315)

第五节 电极糊的烧结..... (321)

第六节	电极事故及处理.....	(324)
第六章	电石生产新技术介绍.....	(328)
第一节	机械化出炉.....	(328)
第二节	气烧石灰窑.....	(331)
第三节	炉气干法净化.....	(336)
第四节	空心电极技术.....	(340)
第五节	电石装置的程序控制机.....	(343)
第四篇	电石生产安全技术概述.....	(348)
第一章	通 论.....	(348)
第二章	各工段的安全技术.....	(350)
第一节	石灰生产安全技术.....	(350)
第二节	原料加工安全技术.....	(351)
第三节	电石生产安全技术.....	(352)
第四节	包装操作安全技术.....	(357)
附表1	在101.325kPa和20℃时, 每公斤电石所放出的乙炔与电石所含的 $\text{CaC}_2\%$ 的关系表(按水蒸气压力计算)	
附表2	101.325kPa和20℃时, 每公斤电石所放出之乙炔与电石所含的 $\text{CaC}_2\%$ 的关系表(按减去水蒸气压力计算)	

第一篇 电石生产基础知识

第一章 电石生产中的基本问题

第一节 电石生产工艺流程

电石是用生石灰和焦炭在电石炉内于高温条件下反应而生成的。其总的化学反应式如下：



现将电石生产工艺流程简述于下：

一、开放炉

如图1-1-1所示。将符合电石生产要求的石灰和焦炭分别送到贮斗(1)中，用配料秤(2)按规定配比进行配料。配

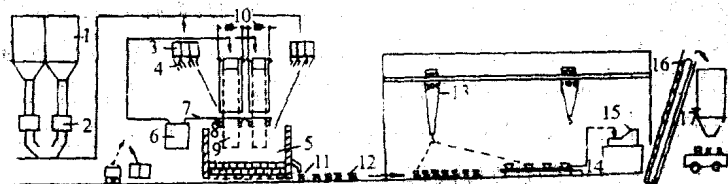


图1-1-1 开放型电石炉工艺流程示意图

- 1—贮斗；2—自动秤；3—料仓；4—料管；5—电炉；6—电炉变压器；
7—短网；8—软铜线；9—电极；10—卷扬机；11—电石锅；12—小车；
13—大吊车；14—冷却平台；15—卧式破碎机；16—斗式提升机；17—
电石贮斗；

好的炉料用皮带输送机或吊车送至电石炉贮料仓（3）内，经料管（4）向电炉（5）内投料。

炉料经加料管投入电石炉内，高压电经电炉变压器（6）变成低压后，经短网（7）软铜线（8），导电铜管和导电铜板导入电极（9）。电极由升降卷扬机（10）带动。炉料在电炉内借电弧热和电阻热加热至 $1900\sim 2200^{\circ}\text{C}$ 而生成电石，并放出一氧化碳气体。此气体在炉面燃烧后，随烟尘排入大气中。如系密闭炉，则用抽气净化系统将此气体抽出，经净化后送往用户或放空。电石生成后，定时出炉，放入电石锅（11）内，由电动牵引车将载运电石锅的小车（12）拖到冷却室。

电石经冷却后，用大吊车（13）将电石块吊至冷却架（14）上，再冷却约8~16小时左右。然后再用吊车将电石块吊至颞式破碎机（15）进行破碎，破碎后的电石块经皮带输送机或斗式提升机（16）送至电石贮斗（17）中贮存。然后根据需要进行包装或用其它输送工具送出。

二、半密闭炉

如图1-1-2所示。将石灰自料罐（1）运至破碎机（2）进行破碎，破碎后之石灰经提升机和振动筛筛分之后，进入贮斗（3）。合格的焦炭则装入贮斗（5、6）中。石灰和焦炭经过自动秤（4）称量配好炉料后，再经链斗输送机（7）送至炉料料仓（8），然后用摇摆加料器（9）将炉料加入电炉（10）内。摇摆加料器是用气动装置推动的。

35千伏高压电经过电炉变压器（11）变成低压后，经过水冷式铜管母线（12）、软母线，导电铜管和导电铜板导入电极（13）。因为这种母线可承受较大的电流密度，故可节省大量的铜材。电极的升降是用油压升降机（14）带动。压力的来

源是由油压系统（15）供给。炉料经电热加热而生成电石。

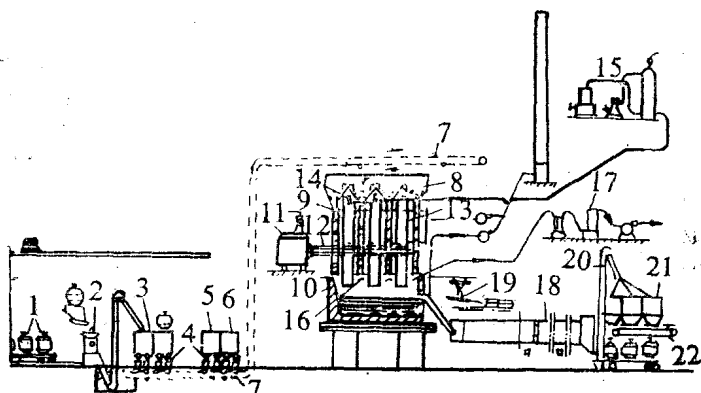


图1-1-2 大型半密闭炉工艺流程示意图

1—石灰料罐；2—破碎机；3—石灰贮斗；4—自动秤；5、6—焦炭贮斗；7—链斗输送机；8—炉料料仓；9—摇摆加料器；10—电石炉；11—电炉变压器；12—水冷式铜管母线；13—电极；14—油压升降器；15—油压装置；16—吸气罩；17—炉气净化设备；18—冷却筒；19—烧穿装置；20—提升机；21—贮斗；22—皮带输送机。

炉内各相电极间放置有吸气罩（16），用以抽出一部分炉内反应生成的一氧化碳气体，并经过炉气净化设备（17）加以净化。

电石炉出炉口是用烧穿装置（19）烧穿的。烧穿装置的电源是由电炉变压器的一相或专用的烧穿变压器供电。

出炉时，熔融电石从炉眼流出来，经过流料槽（炉嘴）进入冷却筒（18），在这里进行冷却和破碎。由冷却筒尾卸出来的电石块（80毫米以下）用提升机（20），输入贮斗（21）中贮存。最后用皮带输送机（22）送往包装工段或乙炔发生站。

三、密闭电石炉

如图1-1-3所示。由原料加工处理工序送来的合格的焦炭和生石灰分别贮存于贮斗(1)内。共有6个贮斗，每个贮斗容积150米³。每个贮斗下均有一个自动秤(2)，每两个自动秤连成一组，一个称石灰，另一个称焦炭。每组秤的倒空由电气控制，使其同时倒料而每个秤斗的倒空次数由冲击计数继电器计数。石灰和焦炭用自动秤按规定比例称量后，经链斗输送机(3)将炉料送至皮带输送机(4)，再运到环斗加料机(5)，向环斗料仓(6)加料。从环形料仓下部的

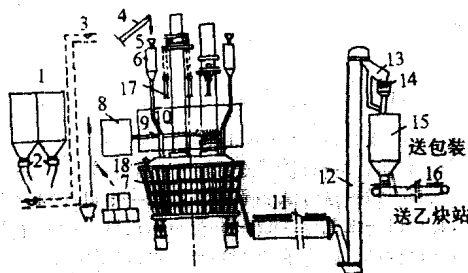


图1-1-3 大型密闭电石炉工艺流程示意图

- 1—原料贮斗；2、14—自动秤；3—链斗输送机；4、16—皮带输送机；
5—环斗加料机；6—环斗料仓；7—电石炉；8—变压器；9—短网；
10—电极；11—冷却筒；12—斗式提升机；13—电石贮斗；15—贮斗；
17—油压升降机；18—炉气抽气管

投料管把炉料加到电石炉(7)内。电流由电炉变压器(8)，经短网(9)、集电环、软母线、导电胶板导入电极(10)。炉料在电石炉内借电弧电阻热，加热至1900~2200℃而生成电石和一氧化碳气体。生成的电石自出炉口流料槽流出。在正常生产时，炉料经常充满投料管，并在料仓内维持在低工作料面以上。投料管直接插入炉盖内，投料

管的端头与熔池上层的疏松料面接触。当炉料下沉时，继续补充炉料。共有16根投料管，其中三根专供投调和外（石灰或焦炭）之用，必要时用以调整电石炉。电石炉使用的功率由电极的升降和电压级数的切换来调整。切换电压是在有载情况下进行。

电极的升降是用油压升降机（17）带动。压力的来源是由油压系统供给。

自电石炉定时将熔融电石放出，沿着具有水冷却的流料槽（炉嘴）流入冷却筒（11）内。筒长43米，内径2米，筒内装有导叶，可以抄起电石而将其摔碎。筒尾通入氮气，以减少电石发气量的损失，并可保证安全生产。筒外淋洒冷却水使其冷却。经冷却破碎后的电石粒度在80毫米以下，自筒尾卸出经斗式提升机（12）进入中间贮斗（13）。再由此经漏斗而落入自动秤（14）。称量后的电石沿装有翻板的可变向的下料管进入贮斗（15）中贮存。贮斗（15）座落在电子秤上，以准确计量贮斗贮量变化。也可不经过自动秤而进入贮斗中。贮斗共有两个，每个容积150米³，可贮存一天左右的电石产品。

根据乙炔发生站的需要，将电石卸至皮带输送机（16）上，由此送至乙炔发生站的输送机上。也可用皮带输送机（16）反方向送往包装工段进行包装入库。

第二节 物料平衡与能量平衡

一、简 述

我国化工生产的总能耗仅次于冶金工业而居第二位。其

中电耗则居首位。几十种主要化工产品中电耗最大的是电石。电石生产主体设备是电炉，大量消耗电热。那么，我们如何做好电石生产的节能工作，则是当务之急。

为了响应国家提倡的节约能源的号召，笔者曾收集到一些先进电石生产企业的测试数据。现列举一台容量为20000千伏安的密闭电石炉的测试数据，供读者参考。

二、测定工况

1. 操作情况

平均功率：14500~15000千瓦

平均二次电压：146伏

电极工作长度：1000毫米

平均操作电流：64400安

平均投料配比：68（加副石灰后63）

平均出炉时间：60分钟/炉

出炉电石量：3.983吨/炉

测定时间：48小时

环境温度（作基准温度）：21℃

2. 物料分析

（1）石灰的总投料量：174734公斤，其组成见表1-1-1。

表1—1—1 石灰组成

物质名称	CaO	CO ₂	H ₂ O	SiO ₂	R ₂ O ₃	MgO	其它	合计
重量%	88.64	5.85	2.30	0.81	0.59	0.50	1.31	100

(2) 焦炭的总投料量: 110982公斤, 其组成见表1-1-2。

表1—1—2 焦 炭 的 组 成

物质名称	C	H ₂ O	CaO	V.m	S	P	SiO ₂	R ₂ O ₃	MgO	合计
重量%	84.81	0.42	0.69	0.93	0.63	0.23	3.37	5.66	0.26	100

(3) 电极糊总投料量: 4129公斤, 其组成见表1-1-3。

表1—1—3 电极糊的组成

物质名称	C	H ₂ O	CaO	V.m	SiO ₂	R ₂ O ₃	MgO	其它	合计
重量%	82.37	0.75	0.58	3.85	5.98	5.89	0.29	0.29	100

(4) 电石总产量: 191195公斤, 其组成见表1-1-4。

表1—1—4 电 石 的 组 成

物质名称	CaC ₂	CaO	C	S	p	SiO ₂	R ₂ O ₃	MgO	其它	合计
重量%	78.16	10.52	3.31	0.18	0.07	2.75	3.35	0.42	1.24	100

(5) 炉气粉尘组成见表1-1-5。

表1—1—5 炉气粉尘的组成

物质名称	C	CaO	V.m	P	SiO ₂	R ₂ O ₃	MgO	其它	合计
重量%	26.61	37.59	3.47	0.99	7.28	11.96	3.01	9.09	100

(6) 炉气组成见表1-1-6。

表1—1—6 炉 气 的 组 成

物质名称	CO ₂	H ₂ O	S	CO	O ₂	H ₂	N ₂	其它	合计
重量%	3.98	2.61	0.34	76.58	0.33	0.24	15.80	0.12	100

三、体系的划分及模型

1. 供入体系的能量

(1) 电热 Q_0 。

(2) 漏入炉内空气与CO燃烧后供入的热量 Q_{co} 。

所有物料均在环境温度下投入，因此无显热供入。

2. 排出体系的能量

(1) 电石生成热 $Q_{生}$ 。

(2) 副反应吸热 Q_3 。

(3) 电石的相变热 Q_2 。

(4) 显热 Q_1 。

(5) 各项损失的热 $Q_4 \sim Q_8$ ，共五项。

3. 体系的模型 体系的模型见图1-1-4。

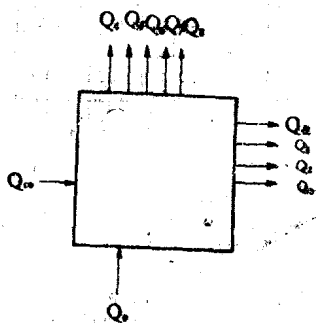


图1-1-4体系模型图

四、物料平衡

物料平衡测定时，收入及支出同时计量并分析，但总物料以支出为基准，因为电石计量较准，投料计量有皮带冲力，误差较大。无法测量的物料则根据长期经验推算。

1. C的平衡

(1) C元素总收入量：97525公斤

此数系按焦炭和电极糊的总投料量计算：

$$110982 \times 84.81\% + 4129 \times 82.37\% = 97525 \text{ 公斤}$$

(2) C元素支出量：97525公斤

①生成电石消耗：84059公斤

按反应式 $\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$ 计算

$$\frac{36}{64} \times 149438 = 84059 \text{ 公斤}$$

②随炉气逸出损失：3187公斤

$$11976 \times 0.2661 = 3187 \text{ 公斤}$$

③其它反应消耗：3936公斤

$$1203 + 1876 + 1584 - 727 = 3936 \text{ 公斤}$$

④料仓除尘带走：14公斤

⑤电石内含游离炭：6329公斤

$$3.31\% \times 191195 = 6329 \text{ 公斤}$$

合计 (84059 + 3187 + 3936 + 14 + 6329) 97525公斤

注：同时副产CO气体，

$$\frac{28}{64} \times 149438 = 65379 \text{ 公斤}$$

2. CaO的平衡

(1) CaC的收入量

①由石灰中收入：154889公斤

$$174734 \times 0.88643 = 154889 \text{ 公斤}$$

②从焦炭中收入：761公斤

$$110982 \times 0.00686 = 761 \text{ 公斤}$$

③从电极糊中收入：24公斤

$$4129 \times 0.58\% = 24 \text{ 公斤}$$

合计 (154889 + 761 + 24) 155674公斤

(2) CaO的支出量

①生成电石消耗：130758公斤

$$\frac{56}{64} \times 149438 = 130758 \text{ 公斤}$$

②随炉气逸出：4502公斤

$$11976 \times 37.59\% = 4502 \text{ 公斤}$$

③料仓除尘：300公斤

$$314 \times 0.955 = 300 \text{ 公斤}$$

④电石中残余CaO：20114公斤

$$191195 \times 0.1052 = 20114 \text{ 公斤}$$

合计 (130758 + 4502 + 300 + 20114) 155674公斤

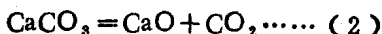
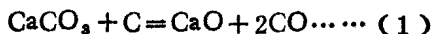
3. CaCO_3 分解反应 由石灰分析值中得知烧失量为8.15%。设其中2.3%为 H_2O （参考有关资料）则分解产生 CO_2 含量为5.85%，折算为石灰中 CaCO_3 含量为

$$\frac{5.85 \times 100}{44} = 13.29\%$$

则 CaCO_3 总量为

$$174734 \times 0.1329 = 23223 \text{ 公斤}$$

CaCO_3 的分解反应有：



(1) 由炉气中 CO_2 含量计算反应式(2)

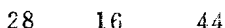
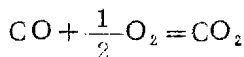
用试差法求，设炉气流量为1600标准米³/时（400标准米³/吨 CaC_2 ），又设炉子由于回收炉气密封不严，漏入空气共36.6标准米³/时（2.3%），则炉气中 CO_2 总量为

$$\begin{aligned} m\text{CO}_2 &= 1600 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 2.72\% \times 1.977 \text{ kg/Nm}^3 \\ &\times 48 \text{ h} = 4130 \text{ kg} \end{aligned}$$

漏入空气的量中有20标准米³/时的 O_2 （55%）与CO燃烧生成 CO_2 。

燃烧反应的 O_2 为

$$20 \times 0.21 \times 1.429 \times 48 = 288 \text{ 公斤}$$



燃烧生成 CO_2 量为:

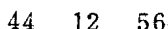
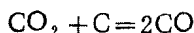
$$\frac{288}{16} \times 44 = 792 \text{ 公斤}$$

则有 $4130 - 792 = 3338$ 公斤, CO_2 是由 CaCO_3 分解而得, 消耗 CaCO_3 为

$$\frac{3338}{44} \times 100 = 7586 \text{ 公斤}$$

(2) 计算反应式〔1〕

反应式〔1〕也可以认为由反应式〔2〕形成的 CO_2 被C还原成CO, 即:



由前计算知被C还原的 CO_2 量有:

$$\frac{23223 \times 44}{100} - 3338 = 6880 \text{ 公斤}$$

占 CO_2 总量的67.3%。

生成CO为: $\frac{6880}{44} \times (2 \times 28) = 8756$ 公斤。

多消耗的C为: $\frac{6880}{44} \times 12 = 1876$ 公斤。

反应式(1)消耗的 CaCO_3 为:

$$\frac{8756}{56} \times 100 = 15635 \text{ 公斤}$$

反应式(1)与反应式(2)共消耗 CaCO_3 为:

$$15635 + 7586 = 23221 \text{ 公斤}$$