

DIANSHI ANQUAN SHENGCHAN
PEIXUN JIAOCHENG

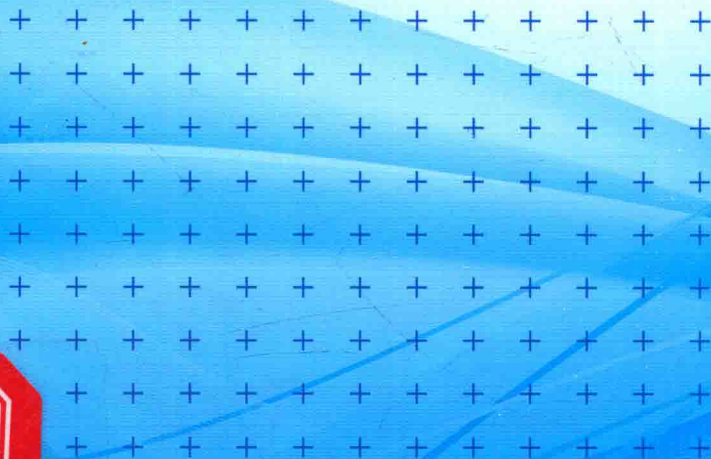
电石安全生产 培训教程

中国电石工业协会

宜兴市宇龙电炉成套设备有限公司

朱建东 编

组织编写



化学工业出版社

DIANSHI ANQUAN SHENGCHAN

PEIXUN JIAOCHENG

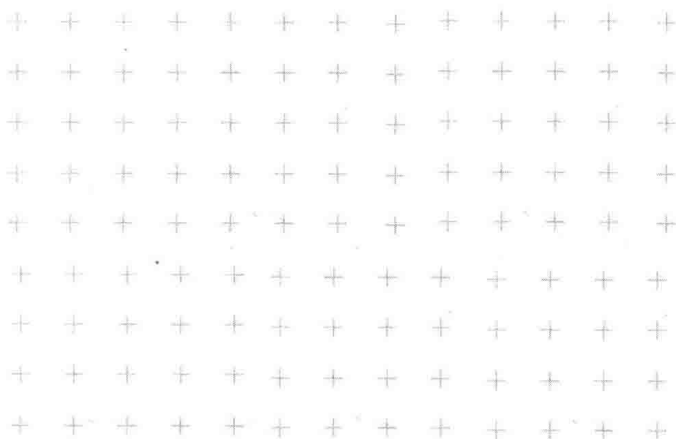
电石安全生产 培训教程

中国电石工业协会

宜兴市宇龙电炉成套设备有限公司

朱建东 编

组织编写



化学工业出版社

· 北京 ·

本书分电石生产基本工艺知识、事故分析、规范生产管理三章介绍了电石生产原理、电石炉参数选择、电石炉运行过程的影响因素、正常操作程序及异常情况处理等电石生产操作、管理必须掌握的基本知识。对易发事故和业内实际发生的事故案例进行了分析,并提出了防范措施,对电石生产企业规范工艺、安全管理提出了合理化建议。

本书内容实用,可供电石企业的管理人员、技术人员和操作人员参考,尤其适合作为电石生产企业的岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电石安全生产培训教程/朱建东编. —北京:化学工业出版社, 2014. 10
ISBN 978-7-122-21721-9

I. ①电… II. ①朱… III. ①碳化钙-安全生产-岗位培训-教材 IV. ①TQ161

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第203603号

责任编辑:傅聪智
责任校对:吴 静

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:北京云浩印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张6½ 字数184千字
2014年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:38.00元

版权所有 违者必究

加强管理与培训 不断提升我国电石工业的本质安全水平 (代序)

电石产业是我国的基础原料工业，电石产品广泛应用于化工、农业、建材、冶金、医药、国防、军工等国民经济的各个部门，是与国民经济息息相关的重要基本化工原料。在化工领域中电石主要用于生产聚氯乙烯，其次用于生产醋酸乙烯、氯丁橡胶、1,4-丁二醇、合成树脂、丙酮、烯酮、炭黑等产品。由电石生产的氰氨化钙是重要的农业肥料，也是一种重要的有机化工原料，可生产塑料、农药、炸药等，制造的农药可用于防治血吸虫、根线虫。电石可用作钢铁工业的脱硫剂，也可用于切割和焊接金属。另外，在医药、国防、军工等各领域，均会涉及电石产品的使用。实践证明，电石工业对我国经济发展有举足轻重的作用，电石工业及相关产品几乎涉及国民经济及人民生活的各个领域，用途十分广泛。

我国电石工业的起步相对较晚，最早的电石生产历史可追溯到1935年。新中国成立前，国内仅有几台120千伏安的开放式电石炉，产品主要用于矿灯照明。我国电石工业的发展主要经历了如下几个阶段。

20世纪，化学工业部的成立，推动了我国电石工业的快速发展。1948年，我国在吉林建成1台1750千伏安的电石炉；1951年，吉林又建成一座相同生产能力的电石炉；1957年，我国从前苏联引进了一座容量为40000千伏安的长方形三相开放式电石炉，

为国内电石行业的发展奠定了基础，当时全国电石产能已经接近 10 万吨。以电石法乙炔为原料的有机合成工业在我国的迅速兴起，带动了国内电石产能的快速发展和企业数量的增长。1958 年成立的化学工业部，通过“统一部署、统一布点、统一设计（通用设计、因地制宜）”等几个“统一”，推进了电石行业的发展。1959 年我国电石产量 13.5 万吨，1970 年贵州有机化工厂引进的 35000 千伏安密闭式电石炉投产，1979 年全行业产量突破百万吨大关，达到 123 万吨。

20 世纪 80 年代，“五朵金花”的引进，拉开了我国发展密闭式电石炉的序幕。1980 年为了提高我国电石工业的技术水平，化学工业部组织开展了埃肯 25500 千伏安密闭式电石炉以及“组合式把持器的电极、炉气干法净化与粉尘焚烧、中空电极、气烧石灰窑、计算机控制”等“五朵金花”的引进工作。经过努力，1990 年引进的埃肯 25500 千伏安密闭式电石炉建成投产，随后其他十余套密闭式电石炉也陆续投产，到 2000 年时，全国电石产能达到 480 万吨，其中密闭式电石炉产能也达到 110 万吨，全国产量达到 340 万吨。

21 世纪，电石工业进入了“大型化、一体化、基地化”循环发展时期。随着我国经济体制的不断完善和经济的快速发展，在我国的能源禀赋和高油价的推动下，聚氯乙烯行业的快速扩张倒逼电石行业的跟进，一批按照“大型化、一体化、基地化”循环发展理念建设的电石企业建成投产，到 2013 年底，拥有单台容量为 40500 千伏安及以上密闭式电石炉的企业有 24 家，产能合计 1068 万吨；形成了产能在 20 万吨以上的企业 60 家，合计 2865 万吨，占总产能的 75.6%；年产量达到 20 万吨以上的企业有 24 家，合计 1216.7 万吨，占总产量的 54.5%。

电石工业的科技创新取得长足的进步，成果丰硕。我国电石

工业的技术进步，走过了引进、消化吸收阶段，现在进入了自主创新阶段，在生产、科研、设计等方面取得了长足的进步。结合国内电石生产的实际情况，通过对引进挪威埃肯公司 25500 千伏安的密闭式电石炉技术和装备的消化吸收，国内相继开发出 27000 千伏安、33000 千伏安、40500 千伏安等多种类型的密闭式电石炉，并成功实现了产业化应用。2009 年 9 月，中国电石工业协会在新疆石河子组织召开了“全国大型密闭式电石炉技术交流现场会”，向全行业大力推广成熟适用的大型密闭式电石生产工艺及相关设备。此后，国内新建电石项目大多采用 40500 千伏安的密闭炉。电石产业政策的引导，促进了密闭炉产能比重的持续提升，到 2013 年底，在 3790 万吨的产能中，密闭炉产能已占 60% 以上。同时，为密闭炉配套的炉气净化、气烧石灰窑、中空电极、组合式把持器、自动化控制系统也得以广泛应用，有效推动了行业的技术进步和节能减排工作的深入开展。

但是，在行业快速发展的同时，生产管理、科研培训和人才队伍跟不上的问题日趋严重，安全事故时有发生。强化安全管理与培训，提升行业本质安全水平，就成了行业不能回避的重要问题。

众所周知，电石由于其物理化学性质，在危险化学品名录中 被列为第 4.3 类，属于遇湿易燃物品，其生产过程中产生高温、乙炔、一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫及粉尘等诸多危害因素，并伴随着高电压、大电流，在生产过程中，若设备设施整体安全性不足或误操作，易造成“灼烫、爆炸、窒息、中毒、机械伤害、物体打击、高处坠落”等各类重大事故。

事故的发生，原因有多种：设备管理与维护保养不足，主要设备的安全验收未按照规定执行，安全监管存在漏洞，工人对安全工艺不熟悉，自我防范保护不足，预防及防护措施不健全，企

业安全意识淡薄，对员工的安全培训及应急救援培训不足，违章操作、违章指挥，等等。

中华人民共和国安全生产行业标准（AQ 3038—2010）“电石生产企业安全生产标准化实施指南”之“5.5 教育培训：5.5.2.2 企业应采取多种形式的安全文化活动，引导全体从业人员的安全态度和安全行为，逐步形成为全体员工所认同、共同遵守、带有本单位特点的安全价值观，实现法律和政府监管要求之上的安全自我约束，保障企业安全生产水平持续提高。”《电石行业准入条件》（2014 年修订）“五、安全生产”，其“（五）企业必须建立健全安全生产责任制，……，从业人员经安全生产教育和培训合格方可上岗。必须制定完备的安全生产规章制度和操作规程，……”对安全培训与管理都提出要求，电石企业必须认真贯彻执行。

国家安全生产监督管理总局提出要进一步加强对危险化学品安全生产管理，强化企业安全生产“双基”工作，建立企业安全生产长效机制的要求。电石生产企业应该在强化生产工艺过程控制，提高本质安全水平，增强预防事故的能力，加强全员、全过程的安全管理等方面，建立起规范化、系统化、程序化、标准化的安全管理模式和持续改进的安全生产工作机制，提升企业的安全生产管理水平。同时更要重视对操作人员生产技能和安全知识的培训，电石安全生产才会有坚实的基础，而做好这些工作，需要全行业共同努力。

朱建东先生编写的这本培训教程，总结分析了电石安全事故发生案例，并分成 22 种类型，通过对“事故经过、事故原因”进行分析，提出了“防范措施”。事故后总结，电石生产发生的安全事故，绝大部分都是责任事故，是违章操作、违章指挥造成的，给人民生命和财产造成重大损失，而且社会影响也非常恶劣，必

须引起行业企业的高度重视。安全事故的发生也再一次给我们敲响了警钟，进一步证明了安全防范、安全培训的重要。

在此，我谨代表中国电石工业协会向本书的编者朱建东先生、宜兴市宇龙电炉成套设备有限公司董事长庞全法先生、顾问吴樟生先生对本书的编写和出版提供的支持，表示衷心感谢！

电石生产必须安全。让我们从电石“从业人员经安全生产教育和培训合格方可上岗”做起。

中国电石工业协会秘书长 孙伟善

二〇一四年八月十日

前言

目前,我国已成为全世界最大的电石生产国,电石生产成套技术已居世界领先地位。但是从行业整体情况看,在电石成套技术快速进步的同时,电石生产操作技术还是远远地滞后于装备的进步,密闭电石炉生产管理人才严重缺乏,行业生产事故也时有发生,使电石行业成为生产事故的高发行业。

电石企业的安全生产之路必然是规范管理之路。为了提高行业的本质安全水平,提升企业的安全管理理念,规范行业的生产运行,根据国家安全生产监督管理局的指示,中国电石工业协会组织力量编写了本书。在本书编写过程中,调研了大量的电石生产企业,总结分析了行业内众多前辈所积累的经验资料,在此基础上加工编写成本书。借此机会,向行业内所有前辈表示衷心的感谢。在本书编写过程中得到了宜兴市宇龙电炉成套设备有限公司董事长庞全法、顾问吴樟生的指导,同时,宜兴市宇龙电炉成套设备有限公司也为本书的出版提供了财力支持,在此表示衷心感谢。

由于编者自身能力有限,书中可能存在不足和欠缺,恳请阅读本书的领导和行业同仁批评指正。

朱建东
2014年7月

第一节 电石、石灰产品简介 /001

一、石灰产品简介 /001

二、电石产品简介 /002

第二节 石灰生产原理及理论消耗 /008

一、石灰生产原理 /008

二、石灰石煅烧反应 /008

第三节 电石生产原理及理论消耗 /009

一、电石的生成反应机理 /009

二、副反应 /011

三、电石生产的理论电耗 /011

四、电石生产的理论氧化钙耗和焦耗 /012

第四节 电石炉参数计算及讨论 /012

一、计算 /012

二、电石炉重要参数的讨论 /014

第五节 常见工艺流程 /014

一、炭材烘干 /014

二、石灰生产 /015

三、电石生产 /021

第六节 石灰生产影响因素分析 /021

一、石灰石煅烧速度与石灰石块度的关系 /021

二、 CaCO_3 的分解压力与分解温度、速度的关系 /022

三、煅烧工艺对石灰活性度的影响 /023

四、煅烧时间的影响 /023

五、煅烧温度的影响 /024

六、影响窑气 CO_2 浓度的因素 /024

第七节 电石生产影响因素分析 /028

一、原料中杂质的影响 /028

- 二、炭素材料中水分的影响 /030
- 三、炭材中挥发分对电石电耗的影响 /031
- 四、石灰生过烧的影响 /031
- 五、粉化石灰的影响 /031
- 六、原料粒径的影响 /032
- 七、炭素原料粉末的影响 /033
- 八、炉料配比的影响 /033
- 九、石灰粒径对混合料比电阻的影响 /034
- 第八节 正常操作方法 /034
 - 一、炭材烘干岗位 /034
 - 二、双套筒石灰窑岗位 /036
- 第九节 异常情况处理 /060

第二章 事故分析

- 第一节 生产中容易发生事故的原因及处置、防范 /085
- 第二节 典型事故案例分析 /106
 - 一、设备漏水引起爆炸事故 /106
 - 二、一氧化碳中毒事故 /107
 - 三、气体置换不合格导致爆炸事故 /108
 - 四、电石炉长时间停水事故 /109
 - 五、“跑眼”引发出炉口爆炸事故 /110
 - 六、误判断、误操作带来的电极软断事故 /111
 - 七、电极锥形水套漏水导致喷炉伤人事故 /112
 - 八、新电极焙烧时发生爆炸事故 /113
 - 九、电石锅倾覆伤人事故 /114
 - 十、加料系统发生火灾事故 /115
 - 十一、炉气灼伤事故 /116
 - 十二、电石烫伤事故 /117
 - 十三、一氧化碳中毒事故 /118
 - 十四、乙炔气爆炸 /118

- 十五、机械伤害事故 /119
- 十六、电石喷水发生爆炸事故 /120
- 十七、机械伤害事故 /122
- 十八、吹氧致人员烧伤事故 /122
- 十九、油系统泄漏引起火灾 /123
- 二十、乙炔气体聚集导致燃烧爆炸事故 /124
- 二十一、受潮电石渣遇热电石发生爆炸 /125
- 二十二、一氧化碳泄漏中毒事故 /125

第三节 事故预案 /126

- 一、事故应急预案的指导思想 /126
- 二、事故应急预案的目的 /127
- 三、事故的应急救援组织 /127
- 四、电石厂危险有害因素 /127
- 五、事故应急预案的编制、审批和演练 /127
- 六、应急领导小组和工作小组职责 /128
- 七、重大事故应急措施 /129
- 八、一般事故的应急措施 /131

第三章

规范生产管理

135

第一节 安全技术规程 /135

- 一、安全通则 /135
- 二、配料岗位安全技术规程 /136
- 三、中控岗位安全技术规程 /137
- 四、巡检岗位安全技术规程 /139
- 五、油泵岗位安全技术规程 /139
- 六、加电极糊岗位安全技术规程 /140
- 七、出炉岗位安全技术规程 /140
- 八、净化岗位安全技术规程 /141
- 九、焦炭烘干岗位安全技术规程 /143
- 十、炉气加压岗位安全技术规程 /143
- 十一、套筒石灰窑岗位安全技术规程 /144
- 十二、空分空压岗位安全技术规程 /145

- 十三、循环水岗位安全技术规程 /146
- 十四、制电极壳岗位安全操作规程 /146
- 十五、电极壳焊接岗位安全技术规程 /147
- 十六、检修安全规定 /147
- 十七、动火安全规定 /148
- 十八、高空作业安全规定 /148
- 十九、焊接作业安全规定 /149
- 二十、一氧化碳气体防护知识 /149
- 第二节 岗位责任制 /151
 - 一、通则 /151
 - 二、交接班制 /152
 - 三、巡回检查制 /153
 - 四、安全生产责任制 /153
 - 五、质量责任制 /154
 - 六、岗位练兵制 /154
 - 七、班组经济核算制 /155
 - 八、设备维护保养制 /155
 - 九、焦炭烘干岗位 /156
 - 十、干焦输送岗位 /157
 - 十一、石灰输送岗位 /157
 - 十二、配料岗位 /158
 - 十三、电石炉中控岗位 /158
 - 十四、巡检岗位 /159
 - 十五、净化岗位 /163
 - 十六、电极糊岗位 /164
 - 十七、出炉岗位 /165
 - 十八、循环水泵岗位 /166
 - 十九、行车岗位 /167
 - 二十、石灰窑岗位 /168
 - 二十一、空分空压岗位责任制 /169
 - 二十二、检修岗位责任制 /170

二十三、制电极壳岗位责任制 /171

二十四、中控分析岗位责任制 /172

第三节 工艺管理制度 /172

一、工艺规程的管理 /172

二、岗位操作法的管理 /174

三、岗位原始记录的管理 /175

四、生产控制指标的管理 /177

五、工艺变更管理 /179

六、堵抽盲板管理 /181

第四节 装置联动试车管理 /182

一、联动试车的目的 /182

二、联动试车人员组织 /183

三、联动试车的条件 /183

四、联动试车的要求 /184

五、试车工具 /184

六、联动试车重点 /185

第一章

基本工艺知识

第一节 电石、石灰产品简介

一、石灰产品简介

化学名：氧化钙。工业名：生石灰（简称石灰）。英文名：calcium oxide。分子式：CaO。结构式：Ca=O。分子量：56.08。

1. 石灰的物理性质

纯氧化钙是无色立方晶体，密度 $2.2 \sim 2.4 \text{ g/cm}^3$ ，熔点 2580°C ，沸点 2850°C 。

2. 石灰的化学性质

石灰的化学性质较活泼，举例说明如下。

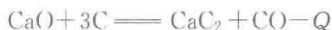
(1) 石灰遇酸发生化学反应生成盐。



(2) 石灰遇水反应生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，俗称消石灰（熟石灰）。



(3) 石灰与炭在电弧作用下反应生成电石，这就是电石的生成原理。



3. 石灰的用途

石灰可作为生产原料生产电石、纯碱、漂白粉等；可用于制革、废水净化行业；在橡胶、胶黏剂等行业用为填充剂；可用作建筑材料、冶金助熔剂、水泥速凝剂、荧光粉的助熔剂；还可作为干燥剂、

脱色剂、吸收剂、光谱分析试剂等；在药物中作为药物载体；在农药化肥行业作为土壤改良剂和钙肥等。

4. 石灰的包装及贮运

石灰易受潮风化消解，所以在输送、贮存过程中应防止与水分接触。

5. 石灰的产品质量要求

石灰质量指标：氧化钙含量 $\geq 90.0\%$ ，生过烧量 $\leq 5\%$ ，活性度 $\geq 320\text{mL}$ 。

6. 石灰生产所用原料规格及指标

石灰石质量指标（质量分数）：氧化钙含量 $\geq 54.1\%$ ，氧化镁含量 $\leq 1.0\%$ ，盐酸不溶物含量 $\leq 1.2\%$ ，粒度 30~60mm 石灰石含量 $\geq 90\%$ 。

二、电石产品简介

化学名：碳化钙。工业名：电石。英文名：calcium carbide。分

子式： CaC_2 。结构式：。分子量：64.10。

1. 电石的物理性质

(1) 外观 化学纯的碳化钙几乎是无色透明的晶体。极纯的碳化钙是天蓝色的大晶体，颜色像淬火钢。工业电石是碳化钙和氧化钙以及其他杂质的混合物，根据杂质含量的不同呈黄色或黑色，碳化钙含量较高时呈紫色。电石的新断面具有光泽，吸水后失去光泽呈灰白色。

(2) 密度 18℃时，纯电石的密度为 2.22g/cm^3 。工业电石的密度与碳化钙含量的关系见表 1-1。

表 1-1 工业电石的密度与碳化钙含量的关系

CaC_2 含量/%	90	80	70	60	50	40	30
密度/ (g/cm^3)	2.24	2.32	2.40	2.50	2.58	2.66	2.74

(3) 熔点 电石的熔点随电石中碳化钙含量的改变而改变，纯碳化钙的熔点为 2300°C 。碳化钙的含量为 69% 的混合物的熔点最低，为 1750°C 。碳化钙的含量继续减少时，熔点反而升高，后降到

1800℃，此时混合物中碳化钙含量为 35.6%。在此两个最低熔点（1750~1800℃）之间有一个最大值 1980℃，它相当于含碳化钙 52.5%的混合物。随着碳化钙含量继续减少（即低于 35.6%）混合物的熔点又升高。电石的熔点随电石中碳化钙含量的变化趋势见图 1-1。

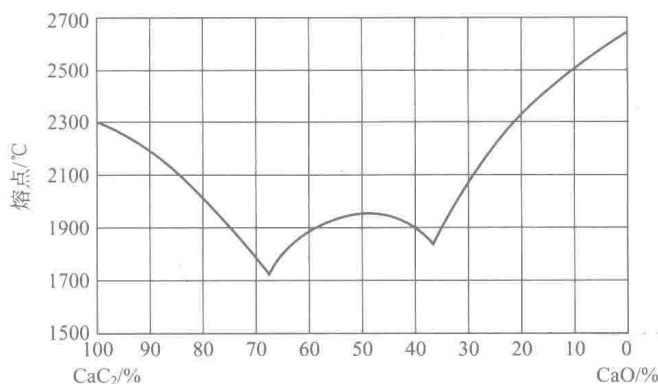


图 1-1 电石的熔点随电石中碳化钙含量的变化趋势

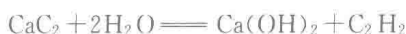
影响电石熔点的因素不仅是石灰的含量，氧化铝、氧化硅和氧化镁等杂质也有影响。

(4) 导电性 电石能导电，其导电性与电石的纯度和温度有关，碳化钙含量越高，导电性能越好；反之，碳化钙含量越低，导电性能越差。当碳化钙含量下降到 70%~65% 间，其导电性能达到最低值，若碳化钙含量继续下降，则其导电性能复又上升，见图 1-2。

2. 电石的化学性质

电石的化学性质很活泼，在适当温度下能与许多的气体、液体发生化学反应。

(1) 碳化钙不仅能被液态的或气态的水所分解，而且也能被物理的或化学结合的水所分解。在水过剩条件下，将碳化钙浸于水中，反应依下式进行：



被滴加水分解时，还发生如下反应：

