

电石安全生产

节能技术与工艺

江 军 主编

DIANSHI ANQUAN
SHENGCHAN JIENENG
JISHU YU GONGYI



化学工业出版社

电石安全生产 节能技术与工艺

江 军 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书介绍了电石生产原料、原料生产工艺、电石生产主要设备、电石生产各岗位安全操作法、电气仪表与自动化知识、环境保护与能源管理、质量控制措施、电石生产安全知识等内容，涉及电石生产的全流程。本书立足节能减排和企业安全管理，收入各岗位标准操作法、各岗位危险源辨识等关键技术内容，工程应用性强。

本书可作为电石行业职工技术培训用书，也可供高职高专相关专业教学参考。



图书在版编目 (CIP) 数据

电石安全生产节能技术与工艺/江军主编. —北京:
化学工业出版社, 2020.1
ISBN 978-7-122-35891-2

I. ①电… II. ①江… III. ①碳化钙-安全生产
IV. ①TQ161

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 274727 号

责任编辑: 赵卫娟
责任校对: 王 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 刷: 三河市航远印刷有限公司
装 订: 三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 15¼ 字数 329 千字 2020 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 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: 78.00 元 版权所有 违者必究

编委会

主 编：江 军

编 委：冯召海 王志国 李 欢 火兴泰 金 茂 王文明
董博峰 栾会东 常 亮 齐晓虎

编写人员（按照姓氏拼音排序）：

陈军鹏 邓富勤 韩春虎 何小艳 胡文军 黄万鹏
雷小武 李金龙 李永红 刘 奎 吕建军 马部雄
穆占虎 宁美玲 秦国仁 田锦锋 王军昌 王志全
武小林 于 龙 张万鹏 张 雪 张志存 赵浪滔
朱亚松

参与人员（按照姓氏拼音排序）：

常志旭 盖 辉 胡康宁 巨连章 李志刚 连艳娥
马 亮 潘秀梅 任正亨 唐 聪 王 刚 王寅虎
王 峥 文学峰 赵 辰 周 阳

序

我国的能源特点是“缺油、少气、煤炭资源丰富”，我国西北地区煤炭储量丰富、电力供应充足，发展电石工业具有得天独厚的优势。电石工业顺应我国的能源特点，从“十一五”以来，全国电石生产重心持续向西北转移，产业布局趋向合理，企业大型化、自动化趋势明显，促使资源、资金、技术、人才等生产要素不断集聚，行业竞争力持续增强，节能减排和资源综合利用水平显著提升，产业结构和发展质量持续优化，电石行业形成了绿色、循环、高质量发展的新格局。

目前，我国的电石生产装置处于大型化、密闭化、集约化发展的新时期，企业积极尝试自动化和智能化改造，大力提升电石生产重点工序的自动化、智能化、信息化水平，电石出炉机器人、智能输送线、自动卸料等设备正在全行业推广。面对生产装备技术水平的不断提高，“专、精、尖”人才显得比较缺乏，培养更多精通电石工艺、技术和安全管理的人才，成为企业的迫切需要。

新疆中泰矿冶有限公司非常重视企业的本质安全，不断加强管理，大力研发智能化、自动化系统，加大扬尘的收集、炉气回收利用、废物的再利用、废水治理等，在安全环保、技术创新、节能降耗、现场管理等方面均走在了行业前列，连续多年获得行业能效“领跑者”荣誉称号，2019年又陆续获得绿色工厂、高新技术企业、国家工信部重点用能行业能效“领跑者”等荣誉称号，累计申报专利达50余项，为电石行业的节能减排贡献了智慧和解决方案。

《电石安全生产节能技术与工艺》一书由新疆中泰矿冶有限公司董事长江军主编，主要介绍了电石生产工艺基础、电石生产的原材料控制、原材料加工工艺、电石生产工艺，以及电石生产主要设备、电气仪表、安全管理、环境保护等方面的知识。该书实用性强，可使电石从业者熟知电石的生产工艺、设备特点、岗位操作要领，知晓生产过程中易发生的安全隐患以及防范措施，

提高企业安全生产水平。

《电石安全生产节能技术与工艺》一书是中泰矿冶有限公司多年电石安全生产管理实践经验的总结，是集体智慧的结晶，对其他电石企业安全平稳生产有非常重要的借鉴意义。

中国电石工业协会副理事长

中国石油和化学工业联合会副会长



2019 年 12 月

前言

碳化钙（以下俗称电石）是重要的化工基础原料，主要用于聚氯乙烯树脂生产。传统的电石生产过程具有耗能高、污染大、风险高、劳动强度大、自动化水平低等特点。为了秉承“绿水青山就是金山银山”的绿色发展理念，大批技术、规模、能耗、环保不达标的装置陆续被停产关闭，迫使电石行业必须向绿色、循环、高质量方向转型。

近年来，中泰矿冶始终坚持“创新、协调、绿色、开发、共享”的发展理念，合理利用废气、废水、废渣，实现循环利用、变废为宝，致力于打造创新、安全、绿色、节能的“智慧化园区”。2013年被工信部、中国电石工业协会授予“全国密闭式电石炉生产示范基地”；2014年至今连续五年被评为“全国电石生产能效领跑单位”；2019年获得工信部颁发的重点用能行业“能效领跑者”，新疆维吾尔自治区“绿色工厂”、“高新技术企业”等多项荣誉，推动了电石行业安全健康、持续绿色发展。

随着5G时代的到来，如何使传统行业走向智慧发展的高质量之路，中泰矿冶不断加大安全、节能技术创新力度，在现场管理、技术水平、工艺单耗方面均达到了国内先进水平，公司借智引力研发的出炉机器人、气力输送、净化灰焚烧、智能行车、智慧巡检等创新技术解决了多项行业难题，将企业的节能降耗“最后一公里”、本质化安全做到了极致。

《电石安全生产节能技术与工艺》一书是中泰矿冶有限公司多年电石生产管理经验的总结，主要对电石生产的原材料控制、原材料加工工艺、电石生产工艺、电石生产设备及岗位操作法、电气仪表、环保与能源管理以及安全管理等进行了详细的论述，对其他电石企业培训学习有很好的借鉴意义。

“科技强国关键靠人才”，有人就有未来，有人才就有希望，出版《电石安全生产节能技术与工艺》一书主要是希望电石行业从业者能结合书本知识，潜心钻研，提高技能，成长为全方面的人才，给企业创造更大的价值。

由于时间有限，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

江军

2019年12月



目录

第一章 概述 / 001

第一节 电石生产概况 001

 一、电石生产发展史 001

 二、我国电石生产现状 001

第二节 电石的制法、性能及用途 002

 一、电石简述 002

 二、电石的物理性质 003

 三、电石的化学性质 004

 四、电石的用途 005

 五、电石的制法 005

 六、电石的特性和储存 006

第三节 生产电石所用原料 006

 一、原料种类及用途 006

 二、对电石原料的要求 009

 三、原料质量控制 011

 四、原材料质量对电石生产的影响 011

第四节 乙炔 015

 一、乙炔的性质和用途 016

 二、乙炔的工业制法 017

第五节 电石生产相关知识 017

 一、电石的相关概念 017

 二、化工生产基础 018

第二章 电石生产工艺 / 021

第一节 电石生成理论 021

第二节 电石生产工艺流程 024

 一、电石生产流程简介 024

 二、电石炉生产工艺 024

 三、电石炉及其工作原理 026

第三节 电石生产存在的问题、预防及处理措施 030

第三章 原料生产工艺 / 035

第一节 麦尔兹石灰窑工艺 035

 一、麦尔兹窑的特点 035

 二、麦尔兹窑的工作原理 037

 三、麦尔兹石灰窑开停车步骤 038

第二节 双梁石灰窑工艺 042

 一、工艺流程简述 042

 二、工艺流程图 043

 三、梁式竖窑技术特点 043

 四、窑体结构特点 043

 五、梁式竖窑设备参数 045

 六、双梁石灰窑开停车步骤 045

第三节 卧式烘干窑工艺 046

 一、生产工艺介绍 046

 二、开停车步骤 049

第四节 立式烘干窑工艺 050

 一、生产工艺介绍 050

 二、烘干机结构原理 050

 三、烘干机特点 052

 四、炭材烘干装置 054

第四章 电石生产主要设备 / 056

第一节 电石炉炉盖、炉体	056
一、炉盖	056
二、炉体	058
三、炉门	063
第二节 电极系统设备知识	064
一、设备简介	064
二、设备概述	064
三、电极压放系统工作原理	065
四、升降油缸、把持器系统知识	066
五、液压系统设备知识	066
第三节 炉气净化装置	072
一、炉气净化装置工艺	072
二、炉气净化主要设备	072
第四节 布袋除尘器	077
一、脉冲反吹布袋除尘器工作原理	077
二、正压反吸大布袋除尘器	082
三、收尘器本体部分的调试与使用	083
四、旋风除尘器简介	084
第五节 出炉系统设备知识	086
一、炉舌	087
二、电石锅	087
三、出炉小车及出炉轨道	087
四、烧穿装置	087
五、卷扬机	088
六、炉前挡火屏	092
七、出炉排烟系统	092
八、出炉设备日常维护保养	093
九、出炉设备运行注意事项	093
十、出炉设备操作安全注意事项	093
第六节 出炉智能机器人设备	094
一、智能机器人的出炉工艺	094

二、智能机器人出炉操作注意事项	095
三、智能机器人的安装	096
四、智能机器人日常维护保养	097
五、智能机器人常见故障及处理方法	099
第七节 捣炉机器人	100
一、捣炉机器人工艺简介	100
二、捣炉机器人的工作原理	100
三、捣炉机器人的操作要求	102
第八节 电石炉配料系统	103
一、设备概述	103
二、皮带输送机操作	103
三、环形加料机	104
第九节 智能桥（门）式起重机	106
一、智能桥（门）式起重机工作原理	106
二、机械设备的日常维护及检查	107
三、试车前的准备	108
四、安全操作要点	109

第五章 电石生产各岗位操作法 / 110

第一节 密闭电石炉出炉岗位操作法	110
一、岗位职责范围	110
二、主要原材料、辅助材料规格及公用工程规格	111
三、产品及三废规格	111
四、工艺操作	112
五、开车前的检查准备工作	112
六、开车及正常操作步骤	113
七、停车操作	115
八、岗位异常情况的判断、造成后果和处置措施	115
九、安全环保操作要求	116
第二节 密闭电石炉配电、配料岗位操作法	117
一、岗位职责范围	117
二、主要原材料及公用工程	118

三、产品及三废规格	119
四、工艺操作	119
五、开车前的检查准备工作	119
六、开车及正常操作步骤	119
七、停车操作	121
八、日常操作方法	121
九、岗位异常情况的判断和处理	123
十、安全注意事项	125
第三节 密闭电石炉巡检岗位操作法	126
一、岗位职责范围	126
二、主要原材料、辅助材料规格及公用工程规格	127
三、工艺操作	127
四、开车前的检查准备工作	127
五、开车及正常操作步骤	128
六、设备切换	130
七、停车操作	130
八、日常操作步骤	130
九、岗位异常情况的判断和处理	130
十、安全注意事项	131
第四节 密闭电石炉净化岗位操作法	132
一、岗位职责范围	132
二、产品及三废处理	133
三、工艺操作	133
四、开车前的检查准备工作	133
五、净化开车步骤及正常操作步骤	134
六、停车步骤	135
七、注意事项	135
八、岗位异常现象及处理	136

第六章 电气仪表与自动化知识 / 137

第一节 电工电气知识	137
一、电气相关名词解释	137

二、电气基本物理量	137
三、直流电路相关知识	138
四、交流电路相关知识	138
五、三相电的输送	138
第二节 安全用电知识	139
第三节 变压器短网知识	140
一、变压器短网介绍	140
二、短网设计要求	141
三、电石炉短网各段导体元件	141
四、决定短网配置的主要因素	142
五、短网的结构特点	143
六、几种典型短网的配置方式	144
七、短网的电流密度	145
第四节 PLC 自动化知识	146
一、系统的主要技术要求	147
二、电石炉 PLC 控制方案	147
三、电石炉主要辅助设备控制	150
第五节 电石炉变无功补偿装置	151
一、电力电容器	151
二、高压、中压无功补偿	158
三、低压无功补偿	158

第七章 环境保护与能源管理 / 161

第一节 环境保护	161
一、固废处理	161
二、有组织排放控制	162
三、无组织排放控制	162
四、电石行业清洁生产标准	164
第二节 能源管理	165
一、电石行业节能工作的意义	165
二、建立能源管理中心	166
第三节 节能技术	167

一、高效节能烘干技术	167
二、净化灰焚烧技术	168
三、炭材除尘灰利用技术	168
四、氮气回收技术	169
五、气力输送技术	169

第八章 质量控制措施 / 174

第一节 电石生产过程中质量控制	174
第二节 原材料、中间产品及成品的主要检测方法	175
一、石灰石的测定	175
二、焦炭、兰炭全水分分析方法	177
三、焦炭、兰炭灰分的测定	178
四、焦炭、兰炭挥发分的测定	178
五、电极糊水分的测定	179
六、电极糊灰分的测定	179
七、电极糊挥发分的测定	180
八、电石发气量的测定	181
九、石灰生过烧的检测方法	182
第三节 检测标准国标目录	182
第四节 检测仪器设备	183
一、高温设备	183
二、破碎设备	185
三、分析设备	186
四、滴定设备	187

第九章 电石生产安全知识 / 189

第一节 电石炉各岗位安全操作知识	189
一、配电岗位	189
二、巡检岗位	190
三、出炉岗位	190

四、净化岗位	192
五、冷却岗位	192
第二节 电石生产消防知识	193
一、火灾的定义及分类	193
二、灭火的基本方法	194
三、预防火灾爆炸事故的基本措施	194
四、动火作业六大禁令	195
五、不同物质的着火可采用的灭火器	195
六、主要消防工具的使用方法	196
七、相关名词解释	198
第三节 劳动防护用品的选择和使用	199
一、过滤式防毒面具	199
二、正压式空气呼吸器	201
三、隔热面罩	204
四、阻燃服	204
五、口罩	205
六、隔音耳塞	207
七、护目镜	208
第四节 职业健康知识	210
一、职业病危害因素与分布	210
二、职业危害因素对人体的伤害	210
第五节 危险化学品知识	213
一、碳化钙	213
二、乙炔	214
三、一氧化碳	216
四、氧化钙	216
第六节 现场急救知识	217
一、烧烫伤的处理	217
二、CO 中毒	217
三、触电	219
四、物体打击	219
五、常用的急救知识	220
参考文献	228

第一章

概 述

第一节 电石生产概况

一、电石生产发展史

电石工业诞生于 19 世纪末，当时的电石炉容量很小，只有 $100\sim 300\text{kV}\cdot\text{A}$ ，生产技术处于萌芽时期。20 世纪初，生产石灰氮的方法问世后，电石生产技术向前迈进了一步。由于电石法乙炔合成有机产品工业的兴起，自动烧结电极和半密闭电石炉相继发明，电炉容量得以扩大，促使电石生产技术继续向前迈进。

20 世纪 30 年代中期，世界电石总产量 210 万吨，用于生产石灰氮的电石约为 105 万吨，几乎占总产量的一半，用于有机合成工业的只占 15% 左右。随着有机合成工业的迅速发展，电石工业迅速兴旺起来。第二次世界大战以后，挪威和德国先后发明了埃肯（Elekm）型和德马格（Demag）型密闭炉，接着世界上许多国家均采用这两种型式设计、建设密闭电石炉。60 年代初，世界上建成密闭炉 28 座，电石总产量达到 1000 万吨，用于有机合成工业的占 70%，而用于石灰氮的下降到 10% 左右，这一时期是电石生产的极盛时期。

后来由于生产乙酸、乙酸乙烯和聚氯乙烯等产品的原料由乙炔转为乙烯，使电石的产量迅速下降，70 年代初期出现了电石生产的低潮。

由于乙烯与乙炔相比，反应活性较差，且又必须采用大型设备，所以人们对电石法生产乙炔又有了重新的认识。乙炔的来源有两种：一是由天然气制乙炔及石油裂解制乙烯副产乙炔；二是电石制乙炔，电石制乙炔的发展前途主要取决于廉价的电力和高技术生产，以充分利用废物和热能，大大降低成本。

二、我国电石生产现状

电石作为生产乙炔的重要基础化工原料，在保障国民经济平稳较快增长、满足相

关行业需求等方面发挥着重要作用。我国在新中国成立前几乎没有电石工业，只是在某些采矿场建设几座小型电石炉，生产的电石主要用于照明，与国外电石工业发展相差约半个世纪。

我国电石行业起步于 20 世纪 40 年代末期，1948 年我国在吉林建成第一座容量为 1750kV·A 的开放式电石炉，生产能力为 3000 吨/年；1951 年，吉林省又建成一座相同生产能力的电石炉；1957 年，我国从苏联引进了一座容量为 40000kV·A 的长方形三相开放式电石炉，当时全国电石产量已经接近 10 万吨/年。进入 20 世纪 60 年代，以电石为原料制乙炔的有机合成工业在我国迅速兴起，国内电石产能的扩张速度有所加快，企业数量也有所增长，电石行业在国民经济发展中的作用也逐渐显现。

据统计，20 世纪 80 年代初期，国内电石生产企业约有 200 家，拥有各种类型的电石炉 430 多座，年产能约为 240 万吨。到 2000 年，国内电石年产能达到 480 万吨，年增长率仅为 4.2%。进入 21 世纪后，国内市场对 PVC 等产品的需求量迅速增长，且下游制品出口量大幅增加，使得电石行业进入产能快速扩张期。“十二五”期间，我国电石行业新增 2100 万吨产能，同时退出 863 万吨，电石产能年均增速在 10% 以上。从“十三五”开始，电石产能增速出现拐点。

随着电石炉大型化、密闭化的发展，密闭炉产能比重从 2010 年的 40% 上升到 2014 年的 74%。为密闭炉配套的炉气净化、气烧石灰窑、自动化控制系统等技术装备水平也大幅提升。目前，利用炉气生产化工产品的电石产能已占密闭式电石炉总产能的 11%，炉气回收利用成为行业最重要的资源综合利用措施。密闭式电石炉的比重由 2005 年的不足 10% 提高到 2010 年的 40%。“十二五”期间，随着 40500kV·A 密闭电石炉技术的成熟，到 2014 年年底，国内已建成的 40500kV·A 密闭电石炉有 145 台，年产能达 1320 万吨，占总产能的 32%。国内电石生产企业逐步顺应电石上下游产品的市场变化，逐步走出粗放、混乱增长局面。

根据我国“少油、缺气、煤炭相对丰富”的资源状况以及下游市场需求的不断增大，行业近几年得到了快速发展。据统计，2018 年我国电石生产企业达 170 余家，电石产能 4100 万吨，年产能 20 万吨及以上的企业有 72 家，合计产能占全国总产能的 81%，国内已建成的 40500kV·A 密闭炉 157 台。到 2018 年，密闭炉产能比重上升到 86%，为密闭炉配套的炉气净化、气烧石灰窑、自动化控制系统等技术装备的水平大幅提升，应用厂家持续增多。

第二节 电石的制法、性能及用途

一、电石简述

电石是工业名，其化学名称为碳化钙。碳化钙的分子式是 CaC_2 ，分子量为