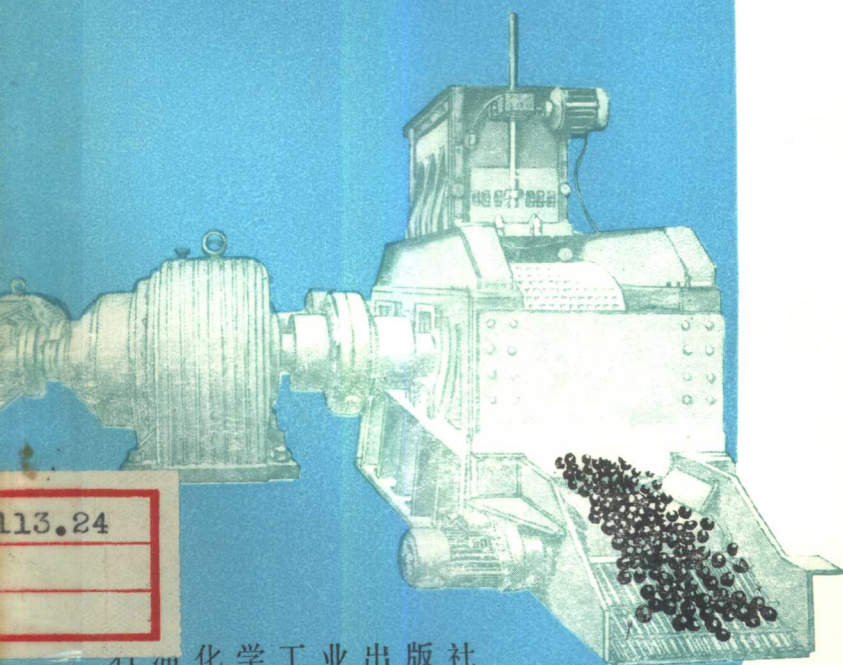


农业机械化丛书

石灰碳化煤球及其应用

福建省化工局组织编写



113.24

石油化学工业出版社

机械工业出版社



农业机械化丛书

石灰碳化煤球及其应用

福建省化工局组织编写

石油化学工业出版社

内 容 提 要

本书共分四章，前三章介绍石灰碳化煤球的原料及其准备、生球成型、生球碳酸化的原理、工艺条件选择、生产流程、主要设备及操作管理等。第四章介绍固定层煤气发生炉造气的基本原理、石灰碳化煤球的气化特性、气化工艺条件的选择、操作要点及强化生产的措施等。

本书由福建省化工局组织长泰县合成氨厂、永春化肥厂的有关同志编写。

本书主要供小型合成氨厂的工人阅读，也可供大中型合成氨厂和其他有关用煤工业企业的工人、技术人员以及有关中等、高等院校师生参考。

农业机械化丛书 石灰碳化煤球及其应用 福建省化工局组织编写

*

石油化学工业出版社 出版

(北京和平里七区十六号楼)

石油化学工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$

印张 $3\frac{1}{2}$

字数 74 千字

印数 1—7,400

1977年1月第1版

1977年1月第1次印刷

书号15063·化206 定价0.26元

毛主席语录

无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

工业学大庆，农业学大寨

抓革命，促生产，促工作，促战备。

前 言

用石灰作粘结剂制成的石灰碳化煤球代替焦炭和块煤生产合成氨，是小合成氨战线广大职工以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，深入开展“工业学大庆”的群众运动，贯彻执行“独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国”的方针，在合成氨原料路线上的一次重大改革。

早在一九五八年，有的单位就进行了“料球炼铁”的试验和理论研究工作，并进行了试烧。在无产阶级文化大革命运动的推动下，我省化肥战线的广大职工，于一九六七年用合成氨常压变换气作为煤球碳酸化的气源进行试验，经过反复实践，在一九六八年制成石灰碳化煤球，用之于小合成氨生产，随即在全省进行了推广。不久，有的厂又进一步改用加压变换气获得了成功。此后，许多小合成氨厂采用不同的二氧化碳气源，如石灰窑气、合成氨高压水洗膨胀气、锅炉烟道气等，因地制宜地生产石灰碳化煤球作为合成氨的原料。在推广应用这种煤球的过程中，质量不断提高，为发展合成氨生产作出了贡献。现在，我省除个别小合成氨厂因地制宜采用纸浆煤球外，绝大部分都改用以石灰碳化煤球生产合成氨。三明化工厂（大中型氨厂）经过一年来的努力，也在直径2.74米的造气炉试烧石灰碳化煤球成功，发气量已接近烧块煤水平。

由于石灰碳化煤球具有机械强度高、化学活性好，颗粒均匀、煤种适应性广等良好特性，可以就地取材、立足于本

地煤炭资源发展合成氨生产，因而，目前全国已有不少小合成氨厂采用这种煤球为原料，而且在煤球制作和造气方面又有不断提高和革新，出现了蓬勃发展的新气象。

为了总结交流近几年来石灰碳化煤球的生产和制取合成氨原料气方面的生产实践经验及科研成果，促进这种煤球的进一步发展和提高，为多产化肥，支援农业，普及大寨县作出应有的贡献，我局组织了长泰县合成氨厂、永春化肥厂的有关同志共同编写了这本书。由于我们水平有限，书中可能有不足甚至错误之处，敬希读者批评指正。

福建省化工局

一九七六年五月

目 录

第一章 石灰碳化煤球的主要原料	1
第一节 消石灰.....	2
第二节 无烟煤粉.....	4
第二章 石灰碳化煤球的成型	6
第一节 配料.....	7
第二节 粉料粉碎及混合.....	11
第三节 煤球的压制.....	13
第四节 生球的输送和装罐.....	14
第五节 煤球成型的主要设备.....	15
一、圆盘加料机.....	15
二、粉料搅拌机.....	16
三、鼠笼破碎机.....	17
四、皮带运输机.....	18
五、斗式提升机.....	19
六、压球机.....	20
第六节 生产操作中的不正常现象、原因和处理方法.....	23
第三章 生球的碳酸化过程	25
第一节 生球碳酸化的原理.....	25
第二节 影响碳化工工艺的因素.....	28
一、碳化罐料层高度.....	28
二、碳化气量.....	31
三、碳化反应温度(料层温度).....	33
四、二氧化碳浓度和分压.....	35
五、煤球碳化水分及其中水分的蒸发速度.....	36
六、碳化气体的相对湿度.....	37

七、气流分布及气体流向	38
八、碳化时间	39
九、生球状况	40
第三节 碳化气体流程及主要设备	41
一、碳化气体流程	41
二、碳化主要设备	46
第四节 生球碳化的操作管理	48
一、碳化工艺操作指标	50
二、碳化操作中不正常现象、原因和处理方法	50
第五节 关于碳化工艺的几点改进方法	52
第四章 以石灰碳化煤球为原料制取合成氨原料气	55
第一节 固体燃料气化的基本原理	55
一、固体块状燃料气化时燃料层的分区	55
二、气化反应的化学平衡和反应速度	60
三、气化工作循环	63
第二节 石灰碳化煤球的理化性质和气化特性	65
一、冷、热态机械强度	65
二、灰熔点和结渣性	67
三、化学活性	71
四、煤球粒度	78
第三节 石灰碳化煤球气化工艺条件选择	78
一、操作温度	78
二、吹风速度	79
三、蒸汽用量和吹蒸汽的持续时间	80
四、炭层高度	80
五、制气循环时间	81
第四节 石灰碳化煤球气化的操作管理	82
一、正常操作的工艺参考指标	82
二、正常操作要点	83

三、操作中不正常现象、原因及处理方法	88
第五节 石灰碳化煤球气化的强化生产后采取的措施	90
一、空气鼓风机	90
二、降低系统阻力, 防止管道堵塞	91
三、机械排渣炉排灰装置的改进	92
四、鼓风机噪声的消除	93
第六节 煤气发生炉炉渣的综合利用	95
附录一 煤球机械强度的测定方法	97
附录二 年产三万吨石灰碳化煤球工段设备表	100

第一章 石灰碳化煤球的主要原料

石灰碳化煤球的主要原料为无烟煤粉、消石灰及含有二氧化碳的气体。

加消石灰的作用有如下两个方面：

第一，无烟煤粘结性能较差，要把无烟煤粉直接压制成型比较困难，加入石灰填充在煤粒之间，增加粘结力，改善造型性能，经压制成型后，可以获得初具一定强度的煤球，通称“生球”。

生球中的消石灰颗粒，与二氧化碳作用，形成碳酸钙。碳酸钙颗粒间彼此连接构成坚硬的网状骨架，在煤粉颗粒之间起搭桥作用，把煤粉紧紧地团固住。如此经过碳酸化作用的煤球，通称“熟球”。熟球具有较高的机械强度，其耐压强度可达60~100公斤/单球。

第二，有些无烟煤气化性能较差，但在加入石灰制成石灰碳化煤球后，可使这种煤球的气化性能得到很大的改变。如机械强度低、热稳定性差的无烟煤，加入石灰制成石灰碳化煤球后，其冷态和热态机械强度均可大大提高；某些低灰熔点的无烟煤，加入石灰制成石灰碳化煤球后，其灰熔点可以提高，能够适应高温气化作业。此外，石灰碳化煤球的化学活性、结渣性、颗粒度等均比原煤要好。因此，加入石灰制成石灰碳化煤球是改变劣质煤气化性能的有效措施，是扩大无烟煤粉使用范围的一个好办法。

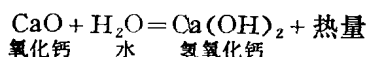
第一节 消石灰

消石灰的主要成分是氢氧化钙 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，它是一种粒度小、比表面积大、亲水性能好、塑性强的粘结剂。在水的作用下，有较强的粘结能力，我国劳动人民早在几千年前就懂得利用这一性质胶结各种建筑材料。

消石灰是由生石灰加水消化制成的。

生石灰的主要成分是氧化钙 CaO 。制作石灰碳化煤球使用的石灰，应尽量选用氧化钙含量高、煅烧完全的生石灰。质量好的生石灰，外表较白、质轻孔多、极易与水作用。过烧的石灰呈暗黑色，欠烧的石灰质重孔少，两者都不易与水作用。

生石灰加水消化的化学反应式如下：



生石灰消化是个放热反应。消化时放出的热量可使消石灰温度急剧升高，使加入的水大量蒸发，甚至可使木材点燃，所以在保存和运输过程中应防止生石灰受潮引起火灾事故。

消化后的石灰形态，可依消化时所加入的水量多少而不同。若加入适量的水，则生成粒度细而又疏松的消石灰粉末。如果加以过量的水则可制成浓稠的石灰膏，倘若加入大量的水则成为石灰乳液。制造石灰碳化煤球所用的消石灰为粒度很细的消石灰粉。

生石灰要消化透的理由如下：

一、提高煤球碳化反应速度

生石灰与二氧化碳反应速度较慢，将其消化为消石灰

后，氢氧化钙在少量水分存在的情况下，吸收二氧化碳的速度则快得多。

二、防止煤球“爆裂”

粒状生石灰若不预先消化完全，即将其直接与无烟煤粉混合并压制成球后，则生石灰会吸收生球中的水分进行消化反应。消化后的石灰颗粒的空间体积膨胀，比未消化前的空间体积要大1~2.5倍，从而导致生球胀裂。实际生产中，由于生石灰消化不完全，生球胀裂的情况是经常遇到的。

三、提高消石灰细度

消化良好的消石灰的粒度可小于0.01毫米。细度提高，不仅有利于与无烟煤粉的均匀混合，且能增大碳化反应表面积，加快碳化反应速度，因而消化后的石灰颗粒是愈细愈好。

四、便于筛选，除去杂质，提高氢氧化钙含量

活性高的生石灰能很快与水作用，未烧透的石灰石和混入石灰中的煤矸石、石块、煤渣等杂质，加水后仍为块状物，可用过筛除掉，以提高消石灰中氢氧化钙的含量。在煤球制作中即可相对减少石灰用量。

良好的化灰操作要求石灰消化透、粒度小、杂质少、水分含量适当（约在15~18%之间）。灰粉不宜太干，太干则影响石灰颗粒碳化，并到处飞扬污染环境；太湿则影响配料操作。

生石灰消化时，理论用水量仅是生石灰重量的32%，但在消化过程中，由于温度剧升，水分大量蒸发，其实际用水量要比理论用水量大好几倍。若加水量不够，则尚有部分未消化透的生石灰粒混在消石灰粉中；若加水过多，石灰呈浓稠膏状，裹住石灰，减缓消化速度，且粉料不易分散，影响制球作业，因而应控制加水量。

人工化灰是将水管插入石灰堆内注水。须经常移动水管位置,力求加水均匀。石灰加水后放置2~3天后要进行翻堆,使其布水均匀充分消化后即用粗筛进行筛选,除去杂质并起翻动石灰作用。过筛后的石灰尚要再陈放一、二天即可使用。

消化后的石灰粉不宜贮存过久,因消石灰将吸收空气中的二氧化碳生成碳酸钙,降低了有效氢氧化钙含量。

人工化灰,劳动强度大,环境卫生差,且消石灰质量不稳定。有条件的地方可采用机械化灰。机械化灰工艺流程简介如下:

生石灰经破碎机破碎至颗粒小于20毫米,由提升机送至石灰贮斗,经星形加料器均匀加至双搅化灰机中,加水于化灰机与生石灰进行消化反应,消化后的石灰再送入回转筛,筛分去杂质。消化后的石灰粉陈放仓库待用。

第二节 无烟煤粉

为提高原煤的固定碳含量,并使原煤的粒度和水分含量能适应制球工艺的需要,在投料制球之前原煤须进行预处理。原煤的预处理包括下列三个方面:

表 1 不同煤种的碳化煤

厂 名	煤 种 名 称	煤 种 特 点
福建永春化肥厂	福建天湖山煤	热稳定性差,入炉后碎裂成粉
大连化工厂	高温焦粉	完全没有粘结性
福建长泰合成氨厂	福建龙岩煤	低灰熔点 $T_2 = 1180^\circ\text{C}$
江西上高化肥厂	江西青山煤	低固定碳 C 约 50%
广西北流氮肥厂	红山、鸿基混合煤	硬度大

一、原煤杂质的筛除

原煤中含有不少煤矸石等杂质，若不除去，则原煤固定碳含量下降，影响制气能力，并使灰渣量增多，灰渣带走的碳量和热量也增多。且大块杂质易损坏煤球制作设备。因此原煤预先进行筛选，除去杂质是十分必要的。

二、原煤的粗碎

煤球制作使用的鼠笼粉碎机，其进料的块度不能太大，一般要求不应超过30毫米。若进料块度较大，则粉碎后的粉料粒度也会较粗。故原煤在进仓之前应先进行一次粗破碎。

三、原煤的贮存

煤球的制作要求粉料有适宜的成型水分，故煤粉应贮存于干燥棚里，以免雨淋使煤粉过湿影响配料、粉碎混合、压球以及碳化作业的进行。

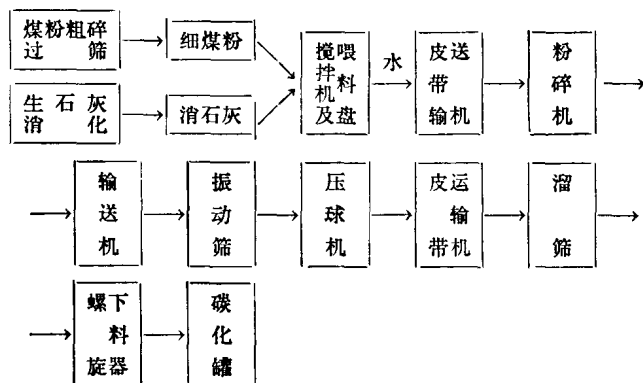
由于石灰碳化煤球的机械强度主要取决于碳酸钙晶体间网络状骨架，受原煤性能的影响较小，因此碳化法成球对煤种的适应性较广。多年来的生产实践证明，对粘结性很差的焦粉，或是硬度大，热稳定性差，灰熔点低，或固定碳含量较低的无烟煤粉，若制球操作较好，一般都能制得强度较高，气化性能良好的煤球。见表1。

球与同品种块煤对比

制成碳化煤球后的情况	发气量标准米 ³ /台·小时		造气炉直径 毫米
	原 块 煤	碳化煤球	
热态强度提高，炉面煤球完整	1300	2200	φ 1.98
耐压强度>80公斤/单球	—	—	—
T ₂ 提高到1340℃	400	700	φ 1.24
煤球固定碳降到45%	<煤球	450~500	φ 1.24
跌落强度87.7%	2600	~3000	φ 1.98

第二章 石灰碳化煤球的成型

碳化煤球成型包括原料配料、粉碎混合、煤球压制及运输装罐等四个环节，煤球成型的工艺流程如下：



经过预处理后的无烟煤粉及消石灰分别由喂料盘或配料器按工艺要求控制一定配比送入皮带运输机，在皮带机上方装上电磁铁以吸除铁块杂质，并喷下一定数量的水，随即输送到鼠笼粉碎机中进行粉碎、混合后，再由斗式提升机或皮带运输机，提送到煤球机上方的振动筛（除去块状异物，以保护压球机）后落入煤球机料斗中，进入对辊煤球成型机压制生成球，压出的生球由皮带机输送经溜筛除去碎粉并由螺旋下料器送入碳化罐进行碳化。碳化后的熟球经筛除碎粉后，送入料仓或直接送入煤气炉中制气。

第一节 配 料

碳化煤球配料是指无烟煤粉、消石灰、水三者适宜比例的选择。配料适宜与否直接关系到压球操作、煤球强度及造气气化指标的优劣，是煤球生产的重要环节。

消石灰与无烟煤粉应按一定比例配合。下面先讨论石灰和煤粉的配比是如何选择的。

消石灰杂质较多，其中有效氧化钙一般只有40~60%，我们加入消石灰的目的主要取它有效氢氧化钙部分，因为只有氢氧化钙经过碳化后才能形成坚硬的碳酸钙晶体网络骨架。衡量石灰加入量是否适宜应该以生球中所含氢氧化钙的量为准，若消石灰中氢氧化钙含量有变化，虽然灰煤比不变，但生球中氢氧化钙含量却改变了，故用灰煤比来衡量石灰加入量，严格说来是不准确的。可是，为了方便起见，只要消石灰中氢氧化钙含量变化不大，生产上还是习惯以灰煤比例来衡量。灰煤比例一般是指干料的灰煤比例，即用干灰/（干灰+干煤）的重量百分比K来表示。

$$K = \frac{\text{消石灰重量}}{\text{消石灰重量} + \text{煤粉重量}} \times 100\%$$

正确选择灰煤比例应以下列三方面考虑：

一、要加入足够量的石灰，保证煤球有较高的机械强度。在一定的碳化条件的范围内，石灰加入量愈多，煤球中形成的碳酸钙晶体愈多，煤球的机械强度就愈高（但不成正比比例关系），如图1和图2所示的试验结果。

机械强度差的煤球加入煤气发生炉后，受热、受压易于碎裂。粒度较小的部分煤粉屑，未经烧透便随气流带出炉外，使气体中带出物多，燃料的利用率低。更为严重的是，

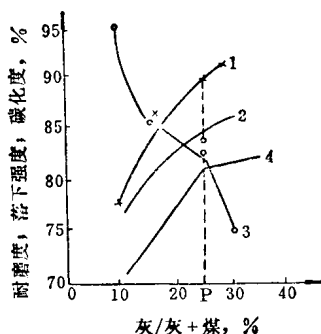


图 1 煤球机械强度和碳酸钙生成量与
煤灰比例的关系曲线 (永春化肥厂)

1—冷耐磨度; 2—冷落下强度; 3—碳化度; 4—碳酸钙生成量

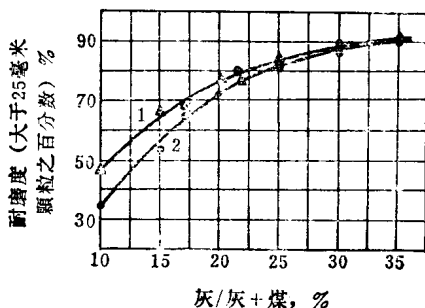


图 2 冷耐磨度与煤灰比例的关系曲线
(长泰县合成氨厂)

1—冷耐磨度; 2—800℃灼烧半小时后的耐磨度

气流未能带走的小煤粒, 填充于大块之间的间隙, 使炉子透气性变坏, 炉内气流分布不均, 极易因偏流局部过热而熔结挂炉, 给煤气发生炉的正常操作带来困难, 甚至可能使生产不能进行。图 3 所示为煤球强度与煤气发生炉带出物量的关