

电石炉的生产工艺及其关键设备分析

冯光伟

陕西煤业化工集团神木电化发展有限公司 陕西 神木 719300

摘要: 随着我国电石业生产产量不断增长,电石行业蓬勃发展,但高能源消耗以及高污染情况也对电石行业绿色发展造成了严重阻碍。在此背景下,技术研发人员应充分掌握电石炉生产工艺和关键设备,寻找节能降耗技术优化手段,促进电石行业可持续发展。本篇文章主要讲述了电石炉生产工艺流程,分析了电石炉的关键设备,阐述了电石炉的生产原理,并提出了电石生产中节能降耗的优化策略。

关键词: 电石炉; 生产工艺; 关键设备

Production Process and Key Equipment Analysis of Calcium Carbide Furnace

Feng Guangwei

Shaanxi Coal and Chemical Industry Group Shenmu Electrochemical Development Co., Ltd. Shenmu Shaanxi 719300

Abstract: With the continuous increasing production of calcium carbide industry in China, calcium carbide industry is booming, but high energy consumption and high pollution have also caused serious obstacles to the green development of calcium carbide industry. In this context, the technical research and development personnel should fully master the production process and key equipment of calcium carbide furnace, look for the optimization means of energy saving and consumption reduction technology, and promote the sustainable development of calcium carbide industry. This article mainly describes the production process of calcium carbide furnace, analyzes the key equipment of calcium carbide furnace, expounds the production principle of calcium carbide furnace, and puts forward the optimization strategy of energy saving and consumption reduction in calcium carbide production.

Keywords: Calcium carbide furnace; Production process; Key equipment

众所周知,电石作为有机合成工业、农业、医药业等领域的关键基本原料,其生产工艺及关键设备十分重要,支持整个生产经营过程。但随着矿石能源消耗过高,其与我国可持续发展国策产生矛盾,如何落实节能降耗、优化电石炉生产工艺是当务之急。技术人员应当优化电石炉生产流程,保障关键设备性能,强化节能降耗技术应用,促进电石炉稳定生产,降低能源损耗。

1 电石炉生产工艺流程

电石炉生产流程是:工人将符合电石生产所需的焦炭以及石灰按照标准要求进行配比,之后将配料由斗式提升机运往电石炉顶层料仓,加料之后,使石料与其炉内电极电弧充分反应得到电石,出炉冷却破碎之后即可得到成品电石^[1]。想要优化生产工艺流程应从工艺生产效果入手,严格按照标准要求执行作业。

1.1 注意电石炉顶配料、运料以及布料

首先,电石炉生产所用的原料需要经过严格的筛选、计量、打磨之后参与车间配料,其次,符合加工标准的配料会

通过斗式提升机进行运料,一直到电石炉的炉内料仓中^[2]。之后,施工人员将利用炉顶的布料设施装置将这些原料通过固定胶带输送机器以及环形布料机器送入炉顶的环形料仓中。最后,施工人员将电石炉加料管分批次置入电炉中生产电石。

1.2 电石生产

目前大部分电石炉都是采用半封闭式工艺制作炉来生产电石,其主要由炉体、炉盖、电极压放、升降装置以及电极把持器构成。作为生产电石的重要设施,其在生产电石时需要利用电能使准备好的配料、原料在经由导电系统刺激和强力变压器电极输入产生的超高温(高温可达2000℃-2200℃)下转化为电石^[3]。在这个过程中会产生大量一氧化碳气体,且生成的电石也并非最终成品,需要施工人员将其从炉口排出。施工人员利用烧穿器将炉口打开,然后利用高温熔融,使其变成电石液体,进而流到冷却小车上的电石锅具内^[4]。并在电炉出口处设置挡屏以及电弧打眼架,上方布置好排烟罩,避免产生的烟气无法及时排出,造成严重污染。

1.3 电石冷却、破碎及包装

最后, 经过熔融的电石流入电石锅内, 施工人员利用顶车机将其整个拉走, 去往车间、走廊进行冷却凝固, 并利用桥式吊车以及单抱钳子将其中的冷却电石陀吊起来, 在车间的铸铁地面上进行冷却。温度达到一定标准后, 再将其送往破碎机中进行所需粒度的破碎, 检验合格后再进行成品包装, 一颗电石就完整生产出来了, 入库即可进行下一批电石生产。

2 电石炉的关键设备

现阶段电石炉主要有开放型、半密闭型以及全密闭型三种。其中, 开放型电石炉一般只有电石反应所需炉体, 不设置炉盖, 所以其炉料温度高, 不盖盖会产生更多灰尘和有害气体, 危害较大, 容易造成环境污染, 现在一般不采用。而半密闭炉则是在开放型电石炉的基础上加装一个集气罩, 能够有效解决有害气体问题, 它会将一氧化碳抽出一部分, 剩余部分将直接参与燃烧, 也是当前常用的电石炉型号。最后是密闭型电石炉, 其作为当前众多国家推广的环保式电石炉, 不仅加上了炉盖还有抽气设施, 且能够将电石炉产生的有害气体净化, 是目前大力推行的电石炉型号。其中, 电石炉关键设备主要由炉体设备以及热发生设备构成。炉体设备主要包括炉盖、炉壁、炉膛和冷却系统等。而热发生设备包括电极、变压器、把持器导电板以及短网等。

2.1 电石炉体

电石炉体作为电石生产装置中关键设施, 其主要功能在于承载电弧工作时达到的超高温。由于电石生产中基本温度都保持在2000℃以上, 因此对炉体的耐高温、抗火性质要求极高, 普通的耐火材料根本无法承受。所以在电石炉体结构设计上, 其炉体整个容积是远大于燃料反应空间的, 预留出的空间能够有效消除部分高温, 且反应区域也与炉体之间隔着一层炉料, 这是为了保护炉体结构。电石炉体的形状多样, 圆形、椭圆以及长方形等。为了更好地保护炉体, 从热力学角度分析, 最好还是将炉体设置为圆形, 能够增强耐热性, 但实际上因为车间工厂电极以及一氧化碳净化装置等需求, 炉体形状也不是一成不变的, 还需根据实际需要进行调整。

2.2 电极

另外, 电极装置也是电石炉生产所需非常关键的设备之一, 其主要职责是将满足电石生产需求的电流导入电极端头, 经过电石炉内燃烧反应将电能转化为热能, 提高电石转化、生产效率, 且作为延续电极烧结速度以及调节电极烧结速度的设备, 其需要持续不停的工作。所以, 一般中小型的电石炉电极会加入保持器、升降、压放装置, 且附带水冷系统, 以满足持续工作状态。

2.3 电石炉变压器及短网

在电石生产过程中, 电石炉的变压器发挥重要的作用, 其也是关键设备之一。主要作用是对电石生产所需的工作电

压进行调节, 一般会将原本6600V-35000V范围的高压降低至65V-250V的低压, 且能够将110kV一次电压改变为电石炉二次电压, 由此支持电石生产需要的工作电压供给, 并保持电压的稳定性。

2.4 炉气净化除尘系统

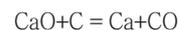
最后, 为了解决电石炉生产电石产生的大量一氧化碳气, 将其废气、废料回收利用, 电石炉配备了炉气净化除尘装置, 能够回收一氧化碳和烟尘、刺激性气体等。作为电石炉关键设备之一, 炉气净化除尘系统肩负着净化空气环境的重任, 该系统主要由除尘器以及实际电石转化所需的一些附件设施组成。

3 电石炉生产原理

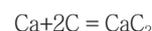
3.1 碳化钙制取反应原理分析

电石主要是从石灰和含碳原料中高温制成, 其中蕴含两种制取方法。其一是:

氧化钙与碳在高温下首先发生下列反应:



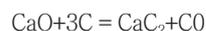
然后钙蒸汽又和原料中的固态碳元素发生又发生如下反应:



其反应机理是双变量系统中, 气体中同时包含了钙气体与一氧化碳两种气体, 而二者反应与温度和压力有关, 当钙气体与一氧化碳气体压力出现差异时, 也就是钙蒸汽压力高于一氧化碳气体时, 在低温下就能生成碳化钙。

其二是:

炉内的物料不断下移, 温度逐渐升高, 到达反应温度时, 其石灰表层碳化钙与物料充分熔融, 会产生碳化钙与氧化钙的熔融物, 其中碳化钙占比五分之一左右, 且反应稳定在2000℃, 反应方程式为



另外, 随着反应剧烈进行, 出现沸腾现象就能将熔融物中的碳化钙成分逐渐转移到电炉电极的下端反应区中, 由于此区域存在提前设置好的配料, 完成反应时能够直接将碳化钙流向炉底, 而一氧化碳则通过净化系统被净化或一部分气体继续参与燃烧。在这个反应中, 电石炉所需的热量是由电能转化为热能得来, 主要由电极电弧区通过炉内电阻供给支持。

3.2 电石炉的电气特性

电石炉的电能来源主要是经过变压器对电石炉热发生装置短网设施对电炉输送电能的, 所以其变压器以及短网都会有一定阻抗影响到电石炉的电气特性。

其中 U_f 是原边电压, I_f 是原边电流, U 是副边电压, I 是副边电流, ωL 是总感抗, R_V 是热发生设备的电阻, R_n 是炉料以及熔融物的电阻。

3.3 电石炉中的电热过程

当电石炉中炉料与熔融物中高电阻反应产生电热转化

时,其电极的端头与熔融物形成的气体空间就是电弧区,在此区域进行电石生产就能令电石炉具备电阻电弧炉的特性。此过程中电能将转化为热能,进而根据焦耳楞次定律可以计算出电阻为R时,一定时间t内电能总量为:

$$Q = I^2 R t \times 10^{-3} \text{ kWh}$$

因为电热当量1KWh = 860千卡,所以

$$Q = 860 \times I^2 \times R \times t \times 10^{-3} \text{ 千卡}$$

而在正常电石炉生产过程中,电石炉释放的电弧能量大约是电石炉中总能量的40%左右,其释放于炉料中的能量较多,释放于熔融物的能量仅仅占到总能量的20%左右。

4 电石生产过程中落实节能降耗的优化策略

4.1 保障原材料符合标准

电石炉生产电石的过程会产生一定的能源损失,为了减少电石生产工艺流程中系统误差,落实节能降耗,我们必须保证其原材料石灰以及碳元素原料的标准规格符合要求。做好原材料检查控制工作能够优化电石生产工艺。所以,我们可以选择经过冶金制得的碳材料,对此,施工人员将焦炭与兰炭混合物倒入熔炉中熔炼,保障其原始烧成不超过7%。整体参数的比例控制在30%左右,含水量应不超过1%,尽可能将材料晒干再放入熔炉,这样能保证其固定碳含量在70%左右。且根据电石炉型号决定将粒径控制在某一标准范围内,这样制得的材料会提高电石生产效率。

4.2 调整合适的电石炉参数

电石炉生产电石的相关标准并未做统一明确指定,所以实际生产都是根据电解质炉的参数来决定电解质生产总质量以及电石炉作业参数。另外,岩芯参数是由各种电气以及几何参数组合求得,为有效提高电石生产效率,落实节能降耗。施工人员应当高度重视参数调整,针对岩芯参数,从变压器能力、二级电压、二级电流内容上综合分析,保证电压合理,进而进行相应调整,使得电流稳定、电极稳定,最终使得电石炉的内容反应温度稳定。最后,电石炉的工程参数由电极直径构成,其工程参数以电极的电阻和能量密度的组合为基础,对电极、电阻进行优化就能有效提高电石生产效

率,降低能源损耗。

4.3 管理好电石炉关键设备

电石生产过程中能源损耗与其关键设备有直接关系,将电石炉的关键设备维修养护好,确保其在作业时性能完全可以发挥出来,则电石生产水平、效率都能得到保障,也就侧面达到降低能耗的效果。因此,在电石炉未工作状态下,也应安排维修人员定期进行关键设备的养护维修,一方面延长设备自身的寿命,另一方面防止设备在电石炉生产过程中有损坏而造成能源、材料的浪费。

4.4 回收电石炉粉尘

在电石生产过程中电石炉会产生一些粉尘,如果不加以处理不仅污染环境且影响原料中钙元素材料,能源消耗增加。所以,为落实电石生产节能降耗我们应将这些电石炉粉尘回收、净化处理。一定程度上减少环境污染程度。另外,我们可以通过收集现场的电石碎片,减少空气中的粉尘量,进而起到保护环境的作用。

结束语:总而言之,电石生产工艺流程需经历配料、运料、布料,炉内高温反应,将其熔融流入电石锅,最后经过冷却、破碎和包装,其关键设备是电石炉体、电极、变压器及短网和净化炉气装置。施工技术人员应掌握电石生产原理,确定配料比,保障材料合规,调整合适参数、养护维修关键设备、回收电石炉粉尘,提高电石生产效率、降低能源消耗、减少环境污染,促进电石生产行业绿色发展。

参考文献

- [1]王大伟,刘强,火瑞钦,等. 密闭式电石炉系统装置的技术改造[J]. 聚氯乙烯,2023,51(4):26-33.
- [2]马生莲,邓建民. 密闭电石炉气用作固碱熔盐炉热源的技术研究[J]. 中国氯碱,2023(7):49-52,58.
- [3]李世强,曾宪军. 40500kVA电石炉达标达产的措施[J]. 盐科学与化工,2021,50(1):39-40.
- [4]刘英飞,徐生智,梁利平,等. 基于模糊控制算法的电石炉压自动控制技术[J]. 聚氯乙烯,2023,51(4):18-20.