

水泥生产全过程优化工艺研究

陈波

黑龙江省建筑材料工业规划设计研究院 黑龙江哈尔滨 150000

摘要: 文章首先对水泥生产工艺流程进行全面概述,分析当前水泥生产企业组织现状与面临的问题,如原料质量不稳定、生料制备效率低、烧成系统能耗高、熟料冷却效果不佳以及水泥粉磨与包装环节存在损耗等问题。接着详细阐述水泥生产全过程优化要点,涵盖原料质量控制与优化、生料制备工艺优化、烧成系统优化、熟料冷却优化以及水泥粉磨与包装优化等方面。通过理论分析与实际案例相结合,提出一系列切实可行的优化策略,旨在提高水泥生产效率、降低能耗、提升产品质量,为水泥行业的可持续发展提供有益参考。

关键词: 水泥生产; 全过程优化; 工艺研究; 可持续发展

引言

水泥作为一种基础建筑材料,在建筑、交通、水利等诸多领域中都扮演着必不可少的角色。在全球经济迅速发展、环保要求越来越严的今天,水泥行业正面临提高生产效率、降低能耗、减少污染物排放、提高产品质量的诸多挑战。传统水泥生产工艺经过长时间的运行,已经逐渐显露出原料利用率较低、能源消耗较高以及生产过程不够稳定等问题,这不仅会影响水泥企业经济效益,还会给环境带来很大的压力。因此,对水泥生产全过程优化工艺进行研究具有重要的实际意义。通过系统分析与优化水泥生产各环节,可以达到有效利用资源、降低生产成本、提升产品质量的目的,提升水泥企业的市场竞争力,促进水泥行业朝着绿色、高效、可持续发展的方向发展。

一、水泥生产工艺流程概述

水泥生产工艺流程严谨,各个环节联系密切,每一步对于最终水泥产品的质量起着至关重要的作用。从矿山中采出适宜生产的石料并通过破碎设备粉碎到合适的粒度,从而为下一步的生产打下基础。粉碎后的碎石经过预均化处理,并经过科学混合与存储,保证了原材料的一致性与稳定性。然后准确测量各原料比例进行配料,以确保水泥性能达标。将配料好的生料放入粉磨机内细磨至细腻粉末,并进入生料均化环节,增强粉体均匀性。然后利用悬浮预热、预分解技术将生料在高温下预热,再送入回转窑中煅烧成熟料,该工艺是水泥生产中最核心的一环,经过高温化学反应产生水泥熟料这一关键步骤。煅烧好的熟料经冷却、破碎,然后再配料,保证熟料纯度。最后熟料经磨细加工成最终水泥产品,并进行

均化、包装,以包装或散装形式出厂供建筑市场使用,以适应建筑行业的多种需要。

二、组织现状与面临的问题

(一) 组织现状

不同类型的组织有着不同的现状表现。村级组织包括村党支部、村民委员会和村级集体经济组织,分别承担政治、社会、经济角色,但存在诸多问题。人员不能专事村务,导致各级组织对村级工作的帮扶陷入两难,农民办事极为不便,且工作缺乏连续性,新干部适应角色需要过程,还存在为短期经济利益而忽视长远目标、村级档案资料散失严重等情况。

中国非政府组织也面临一些困境,组织结构制度不完善,资金管理不透明,缺乏民主机制,降低了工作效率,使组织内部缺乏活力,难以可持续发展。同时人才缺乏,人员流动快,工资待遇低,导致很难制定出可行的发展计划,申请资金援助也常遭拒绝。并且组织之间缺乏竞争与必要的合作。

组织现状分析是对组织内部结构、文化、流程、人员以及资源配置等各层面进行系统性评估,目的是全面了解组织运行状态,识别潜在问题与改进机会,以解决企业发展中面临的挑战,确保可持续发展。

(二) 面临的问题

水泥生产组织面临着多方面严峻问题。在基层组织方面,群众利益表达渠道不畅通,诉求回应不及时,利益诉求的收集、整合及传达能力不足,导致村民诉求表达出现偏差,易引发信访问题。随着乡村社会发展,市场经济价值原则渗透,德治传统日渐式微,部分村民价值观趋向功利化,追求利益思想严重,影响了良好社会

风气的形成。

部分村“两委”班子存在年龄老化、思想僵化、能力弱化的问题，在违建拆除、村貌提升、信访稳控等任务中，领导方式和工作方法滞后，甚至束手无策，难以推动村内发展。临近村“两委”换届选举，部分村干部心态浮躁、失落或观望，工作缺乏热情，影响工作的开展和落实。

少部分党员将自身混同于一般群众，在党委、政府安排的工作中觉悟不如群众，个人主义、自由主义严重，导致党群、干群关系紧张，制约农村社会稳定和发展。在农村治理体制上，自治体制也有待完善，这些问题相互交织，给水泥生产组织以及相关基层工作带来了巨大挑战，亟需采取有效措施加以解决。

三、水泥生产全过程优化要点

（一）原料质量控制与优化

原料质量控制与优化，是提高产品质量、增强企业竞争力至关重要的环节。在选料时，要认真阅读供应商给出的产品技术参数并对照产品需求加以分析，同时还要在选料之前先做一些涉及物理方面的必要试验及检测、化学、机械性能测试等，以保证原料的质量及性能达到期望。

为了确保原材料品质一直符合标准，就必须对采购及生产过程进行相应的质量控制措施。在物理处理上，可以采用筛分、磁选、粉碎等手段，除去原料中的杂质及不良成分，以提高原料纯度及质量；化学处理主要是通过酸洗、碱洗和溶解等手段，来调整原材料的化学属性，从而增强其功能和应用领域。

原料质量的好坏，在企业的许多方面都起着举足轻重的作用。高质量、品质稳定的原料可以减少产品造成的环境污染、提高生产效率、降低生产成本、推动企业持续发展、提高企业声誉等；而且劣质原料在加大产品环境污染的同时，也使产品产生了种种质量问题，给产品召回、销售损失以及法律诉讼带来了经济损失，这将妨碍企业的可持续发展并损害其声誉。

对于药用原料辅料，商家要选择有良好信誉的供应商并严格检验验证原料，测试原物理化性质、生物相容性及微生物限度，以保证达到有关标准；在生产流程中，我们需要构建一个健全的质量管理体系，并根据优秀质量管理（TQM）以及良好生产规范（GMP）的标准来执行每一个生产环节。这样才能保证原料质量满足产品的要求，促进企业的不断发展。

（二）生料制备工艺优化

生料制备工艺的优化对促进生产效率、降低能耗具

有重要意义。某企业5000t/d预分解窑熟料生产线使用RP200-180辊压机终粉磨系统制备生料，原有的操作模式没有充分发挥系统的生产潜力。当入磨原料的水含量低于1%的时候，中控操作人员会降低系统内的风速，调整循环风机的风量和风速等操作参数，从而延缓原料粉磨的流速，通过延长生料在整个系统中的研磨周期，并充分利用辊压机的磨细性能，为提高生料粉磨细度、增加系统产量和减少电力消耗打下了坚实的基础。

生料配制时，挤出的料饼由提升机送至V型选粉机进行选粉，通过热风对细小颗粒进行选粉，并将粗颗粒和新混合料进行循环压榨。细颗粒通过热风管干燥后送入动态选粉机中，粗粉被卸下继续压榨，生料成品在旋风除尘器中被分选出来并送入仓库中。经过优化调整，循环风机的进口负压达到了-4164Pa，而出口负压则是-4732Pa；V型选粉机进口负压和出口负压分别为-1396Pa和-3602Pa，磨机进口风温维持在170℃，生料粉细度（80μm筛余）控制在0%以下。

通过认真调整中控工艺操作参数，促使动态选粉机的选粉效率得到提高，系统循环负荷下降。生料磨的产量从512t/h增加到520t/h，而工序的电耗从7.7kWh/t减少到7.3kWh/t，从而实现了5%的节电率。并对循环风机频率和选粉机主轴频率这两个关键参数做了调节，使电单耗下降，产生了明显的节能减排效益。基于每年生产240万t生料粉和平均电费为0.55元/kWh的计算，这项技术的节能效果达到了惊人的188万元。

（三）烧成系统优化

烧成系统优化是水泥生产中实现节能降耗、提升产品质量的关键环节。以华润水泥鹤庆基地的1#2500t/d熟料生产线为例，经现场测试诊断分析，制定了一系列优化方案，包括减少系统漏风、优化窑尾煤管位置以改进分解炉煤粉燃烧状况、改进窑头喷煤管加强回转窑煅烧等。系统优化后，高温风机拉风减少，预热器出口温度大幅降低，系统煤耗、电耗下降。

还有生产线通过综合分析预热器结构参数、熟料冷却机结构和烧成系统实际运行参数来确定优化方案，调整预热器进出口面积、优化撒料箱结构，降低了预热器系统阻力和C₁出口温度；优化熟料冷却机高温段篦床结构、重新分室、优化冷却配风，稳定和提高了二、三次风温度。系统优化后，C₁出口负压下降848Pa，熟料标准煤耗下降4.7kg/t，实现了节能降耗。

对燃烧设备进行优化也很重要，要分析研究燃料特性，确定最适合的燃料组合和配比，同时对燃烧设备进

行优化设计,提高热效率、降低排放物浓度和减少能量消耗。控制系统优化同样关键,采用先进控制算法,对数据采集、通信和处理等方面进行优化,保证系统可靠性和稳定性。此外,针对水泥行业能耗双控目标,对分解炉燃烧器、撒料箱、C₁旋风筒进行技改,对预热器系统和窑头、窑尾进行漏风治理等措施,能提升能效,满足国家环保要求。

(四) 熟料冷却优化

熟料冷却优化是提升水泥生产质量与效率的关键环节,涉及多方面改进。在冷却系统布局上,篦冷机箱体内部按物料流向依次分隔成多个冷却段,各冷却段对应风冷室,熟料经篦床由入料端向出料端传送实现逐级吹风冷却。冷却区分为高温段、中温段和低温段,高温段含第一、二、三冷却区,中温段为第四冷却区,低温段分隔成第五、六冷却区,且受冷却的篦床面积逐级增大。

在供风方式上,采用独特设计。如在第一冷却区内的一室倾斜充气梁中间设置第二平衡风阀形成两侧单区供风区域,第一冷风室两侧分别通过第三、四增压风机,经间隔交错设置的一室倾斜充气梁两端,向特定篦床增大风压和风量冷却送风。第四冷风室内设置五排伸入第四冷却区的四室倾斜充气梁,其一端连通第八增压风机,另一端连通第九增压风机,每排中间设第三隔板。

在设备优化方面,部分模块采用多单元供风模式,每个单元配置独立风管和调节阀门,可根据料层厚度和熟料颗粒形貌调节风机阀门开度,使熟料在下料口获得最佳骤冷效果。还可对冷却小风管进行加固,加厚管壁增强耐压能力,采用防尘装置封闭管道转弯处和连接处,结合静电除尘技术减少粉尘排放,同时使用软管、降噪器、消声器等降低噪音。此外,利用红外热像仪精确监控温度,通过以太网与中央监控系统连接实现稳定快速数据传输,显著优化整个熟料冷却过程。

(五) 水泥粉磨与包装优化

水泥粉磨与包装优化对水泥生产至关重要,关乎产品质量、成本控制和生产效率。在粉磨环节,选用合适的磨机可使水泥粉末细度更高、颗粒大小更均匀,常见的有球磨机、辊磨机等。磨机运转参数也直接影响水泥粉末质量,通过调节进料速度、转速等参数,能够优化粉磨工艺,提高水泥粉末的细度和均匀度,降低生产成本。例如,将熟料破碎通过3mm筛,按一定比例与烘干后的矿渣混合粉磨,不同粉磨时间会产生不同效果,混合粉磨58min后,测定密度为2.96g/cm³,比表面积为451.8m²/kg,

物料粉磨电耗为0.284kWh/kg;混合粉磨47min后,比表面积为401m²/kg,物料粉磨电耗为0.230kWh/kg。

包装环节的优化同样不可忽视。包装机的合理选择与改造能提升包装效率和质量,如将包装机更换为包嘴电动机外置式,完善配套清包机、顺包机等。回灰设备方面,将环链斗式提升机更换为板链斗式NE系列提升机,回灰输送机更换为空气输送斜槽,可提高输送效率。入料筛选用具有物料旋抛运动状态的悬挂式振动筛,进料方式匹配能稳定料流的盘式喂料机,有助于稳定包装过程。此外,优化皮带输送线路,减少输送中转环节,提高转弯落包高差,全程增设袋装输送通道导向挡板,采用俯角方式装车,能降低袋装水泥破包率,提高发货效率,同时降低包装工序电耗,使包装工序电耗由原来的2.7kWh/t下降至<1.5kWh/t。

结论

水泥生产全过程的优化工艺研究具有重大意义与显著成效。通过对原料质量控制与优化,从选择优质原料到预处理及质量监测,为后续生产奠定坚实基础。生料制备工艺优化中,合理配料、高效粉磨与生料均化,提升了生料质量与制备效率。烧成系统优化采用先进技术与减排措施,降低能耗与污染物排放。熟料冷却优化在选型、余热回收与质量控制上取得进展,提高冷却效率与熟料质量。水泥粉磨与包装优化则改善了水泥性能与包装质量。这些优化措施相互关联、协同作用,不仅提高了水泥产品质量,降低了生产成本,还减少了对环境的影响,增强了企业的市场竞争力。但仍需持续关注新兴技术发展,不断探索创新,以进一步完善工艺,推动水泥行业朝着绿色、高效、可持续发展的方向迈进,适应不断变化的市场需求与环保要求。

参考文献

- [1]于江文.丙烯腈生产过程中原料优化及产品质量提升研究[J].石化技术,2024,31(12):60-63.
- [2]李祥.深部煤层气水平井钻完井工艺优化研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(003):000.
- [3]陈超.基于数字化技术的岩土工程施工过程优化研究[J].住宅与房地产,2024(29):99-101.
- [4]李锐.全过程视角下制造企业成本控制优化研究[J].品牌研究,2024(7):0134-0136.
- [5]陈舒仪,晏任斯,朱磊,等.考虑性能指标的水泥生命周期综合优化研究[J].水泥,2024(8).