

现代立窑水泥生产中的 质量分析和调控

严 生 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代立窑水泥生产中的质量分析和调控 / 严 生 编著.
北京: 中国建材工业出版社, 2004.6
ISBN 7-80159-630-7

I. 现... II. 严... III. ①水泥—竖炉烧结—质量
分析②水泥—竖炉烧结—质量控制 IV. TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 043498 号

内 容 提 要

本书着重阐述立窑水泥生产中的原料、燃料、半成品、成品等的质量问题, 以及质量事故的分析方法和调整控制等, 并适当介绍用于质量分析和调控的检测手段及有关数学方法。

本书可供水泥企业的技术人员、质量管理人员和化验员使用, 也可作为有关专业教师、学生的参考书以及水泥企业技术培训的参考教材。

现代立窑水泥生产中的质量分析和调控
严 生 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

印 张: 17.5

字 数: 446 千字

版 次: 2004 年 7 月第 1 版

印 次: 2004 年 7 月第 1 次

印 数: 1~3000 册

书 号: ISBN 7-80159-630-7/TU·333

定 价: 30.00 元

网上书店: www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 68345931

前 言

2002 年我国水泥产量已达 7.05 亿吨，其中立窑水泥约 5.0 亿吨，占总产量的 70%。我国水泥工业正处在控制总量、调整结构时期，国家提倡新型干法生产，限制立窑的发展和强制淘汰落后的立窑。但鉴于我国国情，新型干法生产和现代立窑生产仍将共存一段时间。

我国立窑水泥经历普通立窑、机械立窑、现代立窑三个阶段近 50 年的发展，其熟料产品质量已基本接近大中型回转窑的平均水平，但不可否认仍存在规模小、能耗高、产品质量不稳定、经济效益差、从业人员技术素质平均偏低、企业质量管理水平不尽如人意的现象。那么，立窑水泥如何适应国家产业政策调整、水泥新标准实施，以及如何适应市场竞争，首先要提高和稳定产品质量，建立和健全企业的质量管理体系。为此作者编著此书，希望为立窑水泥质量的提高和稳定作一点贡献。

本书重点阐述立窑水泥生产中出现的常见质量问题，对质量问题的分析和处理，质量问题的技术调控，对相关的化学、物理检验方法，现代仪器检测设备应用及相关的数学分析方法也作了适当介绍。书中引用了大量的调研材料及作者本人和国内外学者的最新研究成果。

作者对在本书编著过程中给予大力支持和关心的顾惠元、赵洪义、赵介山等同志以及被引用文献的各位作者深表感谢。

因编著的时间紧促，书中如有错漏，恳请读者批评指正。

严 生

2004.3

目 录

绪 论.....	1
第一章 现代立窑水泥生产及其典型工艺流程.....	5
第一节 现代立窑生产的基本特征.....	5
第二节 立窑生产的典型工艺.....	6
第二章 立窑水泥生产中质量调控的技术指标及调控点的确定.....	8
第一节 质量控制的内容及对象.....	8
第二节 质量调控的有关技术指标.....	9
第三节 调控点的确定	11
第三章 原燃料的质量分析和调控	16
第一节 石灰质原料的质量分析和调控	16
第二节 黏土质原料的质量分析和调控	22
第三节 校正用原料的质量分析和调控	28
第四节 石膏及矿化剂材料的质量分析和调控	31
第五节 混合材料的质量分析和调控	32
第六节 燃料的质量分析和调控	44
第七节 原燃料预均化	48
第四章 生料的质量分析和调控	56
第一节 生料质量的主要调控参数	56
第二节 生料调控参数的化学及仪器检测方法	59
第三节 生料成分波动原因的分析及处理方法	82
第四节 生料细度波动原因的分析及处理方法	84
第五节 生料的均化	87
第六节 生料的配煤.....	102
第七节 生料的成球.....	104
第八节 生料的配料技术.....	109
第五章 熟料的质量分析和调控.....	116
第一节 熟料质量的主要调控参数.....	116
第二节 熟料质量控制的化学及仪器检测方法.....	118

第三节	熟料成分波动原因的分析 and 处理方法	132
第四节	熟料生烧原因的分析 and 处理方法	132
第五节	熟料粉化原因的分析 and 处理方法	133
第六节	矿化剂对立窑熟料质量的影响	134
第六章	水泥的质量分析和调控	139
第一节	水泥质量的主要调控参数	139
第二节	水泥质量控制的常用检测方法	146
第三节	产品细度与水泥性能的关系	162
第四节	水泥安定性不良原因的分析及处理方法	163
第五节	混合材选择与水泥质量	164
第六节	助磨剂应用	165
第七节	水泥的均化	172
第七章	质量分析和调控中常用的数学方法	173
第一节	数理统计的基本知识	173
第二节	回归分析法	176
第三节	正交设计法	190
附录一	相关的法规和条例	214
1.	水泥企业质量管理规程(国家经济贸易委员会 2002 年 1 月 14 日发布)	214
2.	立窑水泥企业质量管理规程	224
3.	通用水泥质量等级(JC/T 452-2002 摘录)	230
4.	水泥企业化验室基本条件(国家经济贸易委员会 2002 年 1 月 4 日发布)	231
附录二	常用标准	235
1.	硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥(GB 175-1999 代替 GB 175-1992 摘录)	235
2.	矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥 (GB 1344-1999 代替 GB 1344-1992 摘录)	238
3.	复合硅酸盐水泥(GB 12958-1999 代替 GB 12958-1991 摘录)	242
4.	硅酸盐水泥熟料(JC/T 853-1999 摘录)	245
5.	水泥粉磨用工艺外加剂(JC/T 667-1997 摘录)	248
6.	水泥生料球性能测定方法(JC/T 455-1992 摘录)	251
7.	水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)(GB/T 17671-1999 idt ISO 679:1989 摘录)	257
附录三	常用数据	268
1.	建材工业常用计量单位换算表	268
2.	我国部分机立窑水泥企业机立窑生产情况	269
参考文献		272

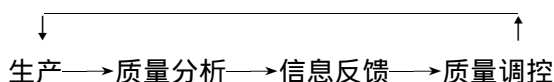
绪 论

工业产品的质量，是衡量一个国家工业生产发展水平、技术和经济水平的一个重要标志。提高工业产品质量，是当前我国调整国民经济的一项重要内容。它直接关系到我国四个现代化建设的大局，对于促进企业本身的技术改造，加速工业技术进步，以及促进企业管理现代化，都有十分积极的作用。提高产品质量，是更大的节约，对完成和超额完成各项技术经济指标有重要的影响。提高产品质量，增强市场竞争能力，是工业企业生存和发展的需要。

水泥产品质量的优劣，体现一个企业的技术和管理水平。由于水泥生产的连续性，各工序之间有着密切的联系。在生产过程中，原燃料的成分与生产状况都在不断变化。例如石灰石破碎粒度过大，在一定程度上影响生料磨产、质量；进厂石灰石、黏土成分波动大，或者不合格，会影响生料成分的均匀、稳定和配料指标，从而影响窑的煅烧和熟料质量；同样，配料与计量是否准确，出磨生料成分是否得到有效控制与反馈，原料预均化是否达到质量要求等，均会影响窑的煅烧和熟料质量；而熟料与混合材的质量还将直接影响水泥的质量等。如果前一工序控制不严，就会给后一工序带来影响。面对这些生产中的复杂情况，如何保证和提高水泥产品的质量，我们认为合理的生产控制是保证工厂正常生产，稳定和提高水泥质和量的关键。因此在水泥生产过程中必须科学地、系统地严格控制各个生产工艺过程，使水泥生产的每个环节都按规定的生产工艺参数指标进行。

质量分析和控制是工厂企业管理的一个重要部分，它含有工程管理的部分内容，并且有自己独特的手段和方法。质量调控和分析，包括根据工厂实际情况制定质量控制标准，完善信息工作，加强质量教育和质量责任制，采取相应的管理手段对生产过程进行全面管理。

质量调控可以依据国家标准、行业标准和本企业所制定的标准和制度，在生产过程中加以执行；质量分析是对生产过程中所出现的各控制指标变化情况的第一手资料加以分析整理，总结成功经验和失败教训，将信息反馈到生产中去，进一步完善控制指标和指导生产。调控和分析是一个有机整体，两者都需要掌握一定的专业理论和实践经验。一个开流的生产工艺流程线可以通过调控和分析对其进行闭路的循环管理，如图所示：



调控和分析后的信息反馈是指导再生产的关键。仅有调控而无分析，不能完善调控；仅有分析而不将得到的信息加以反馈，则无法进一步指导生产。这个道理是显而易见的。

作为一个企业家、经营家，都会采取各种方法来获取信息，以求得企业的生存和发展。下面介绍水泥工厂几种常用的质量调控和分析的信息图、表，供读者参考。

1. 质量信息反馈单

信息提出部门

提出日期

编号

产生的质量问题和提出的改进意见：

提出者_____ 提出部门领导_____ 年 月 日

审查意见

厂部主管部门_____ 年 月 日

责任单位分析意见和改进措施：

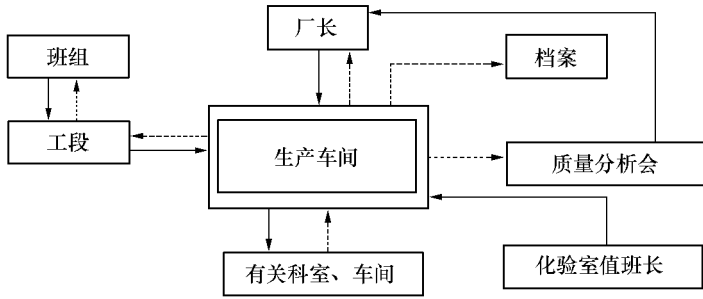
责任部门领导_____ 处理者_____ 年 月 日

处理结果

返回时间

年 月 日

2. 生产过程质量控制信息系统反馈图

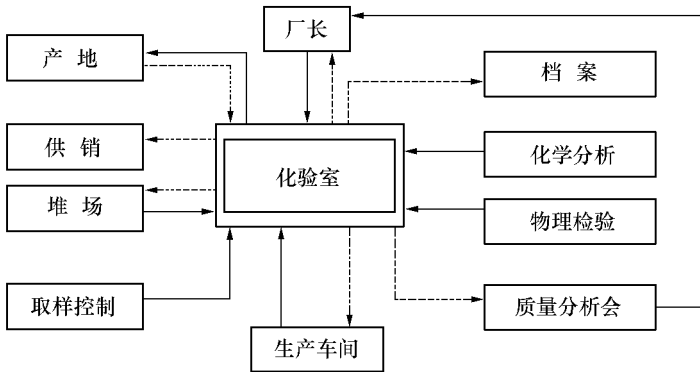


——> 信息传递

控制中心负责人：各生产车间主任

-----> 信息处理、汇报、反馈

3. 原燃材料质量信息反馈图

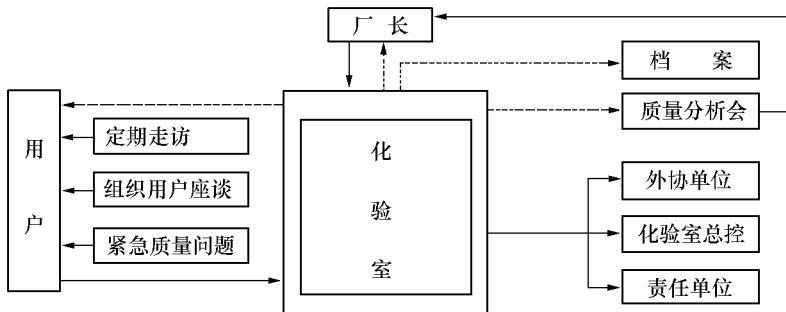


——> 信息传递

控制中心负责人：化验室主任

-----> 信息处理、汇报、反馈

4. 用户信息反馈系统图

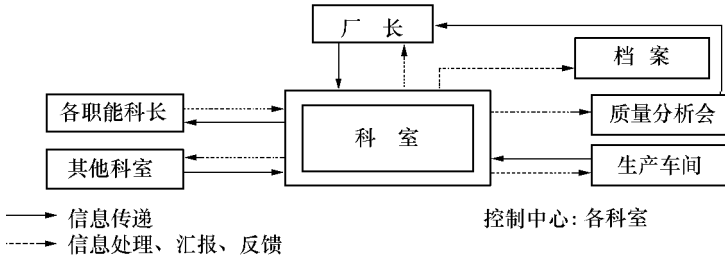


——> 信息传递

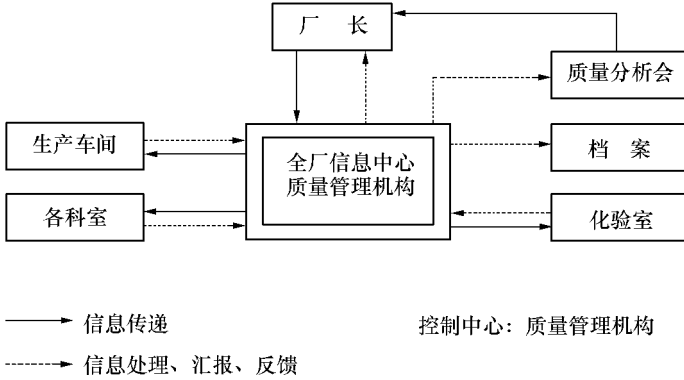
控制中心负责人：化验室主任

-----> 信息处理、汇报、反馈

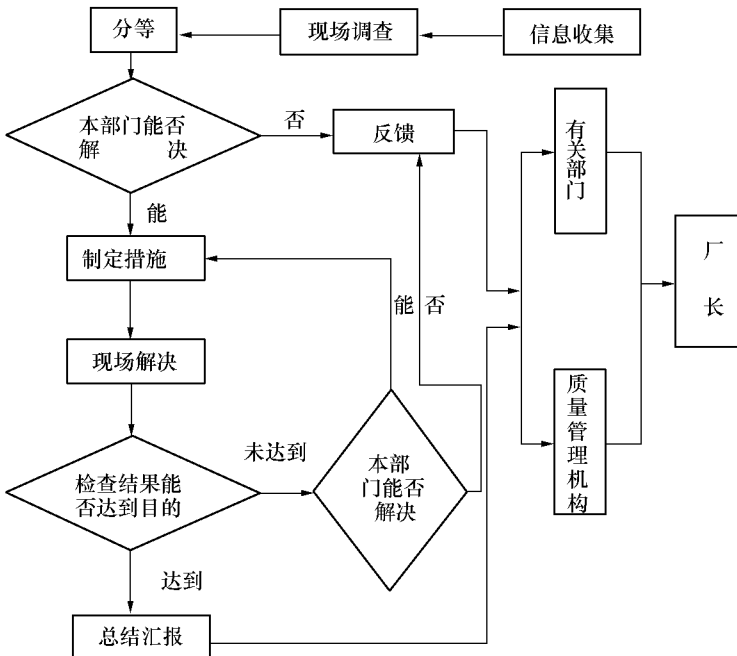
5. 各科室工作质量信息反馈系统图



6. 全厂质量信息反馈系统图



7. 信息处理工作程序图



第一章 现代立窑水泥生产 及其典型工艺流程

水泥生产过程通常是由生料制备、熟料煅烧、水泥制成三个阶段组成，亦所谓“两磨一烧”的工艺流程。

水泥的生产方法按入窑生料制备方法的不同，可分为湿法、干法和半干法三种。

第一节 现代立窑生产的基本特征

我国立窑水泥工业的发展历程，大体上可分为三个阶段，即三代立窑。第一代为普通（土）立窑，第二代为机械立窑，第三代为现代立窑。通过“八五”实施的综合节能工程，全面推广 14 项新技术，使我国立窑水泥工业上了一个新台阶，基本上完成了立窑的机械化改造，并培育出少数初具现代立窑水平的现代立窑企业。从“九五”开始在部分初具现代立窑企业水平的先进企业的带动下，开始了由机械立窑向现代立窑发展的新阶段，目前正处在向现代立窑过渡的时期。

现代立窑的技术内涵与 20 世纪 50 年代以前国外的机械立窑相比，已经发生了很大的变化，它包含了我国立窑水泥工作者的许多技术创新，如原燃料预均化、微机配料、全黑生料、复合矿化剂、预加水成球及小料球快速煅烧、暗火操作、窑体隔热保温、垂直送风卸料篦子、卸料管料位锁风等等。

2002 年 7 月 10 日在北京召开的立窑研究会全体专家委员会的会议上，根据部分先进立窑水泥企业已经达到的实际水平，并结合我国立窑生产技术的现状，本着既体现现代立窑技术经济指标的先进性，又不是高不可攀难以实现的原则，制定了现代立窑水泥企业八项指标：

(1) 企业规模：年产水泥 30 万 t 以上；

(2) 工艺设备完善，全面应用先进适用的现代立窑新技术，生产关键环节实现自动化控制及计算机管理；

(3) 产品质量：能够稳定生产 32.5、42.5 等级水泥，出厂水泥实物质量 3 d、28 d 抗压强度分别超过国家标准 4 MPa、5 MPa 以上，并通过产品质量认证。熟料 28 d 抗压强度 52 MPa 以上，fCaO 2.5% 以下；

(4) 水泥质量均匀稳定，均匀性不大于 1.1 \bar{R} (\bar{R} 为同品种不同强度等级水泥 28 d 抗压强度上月平均值)；

(5) 环境保护：粉尘排放浓度及车间岗位粉尘浓度，全面达到国家标准，逐步实现环保认证；

(6) 能耗指标：可比熟料热耗 3 762 kJ/kg 以下，可比水泥综合电耗 80 (kW·h)/t 以下；

(7) 全员实物劳动生产率：1 000 t/(人·年) 以上（不含矿山）；

(8) 企业管理：建立起现代企业管理机制，追求技术进步，坚持文明安全生产，并形成具有特色的企业文化，通过 ISO 9001 质量管理体系认证。

第二节 立窑生产的典型工艺

立窑属于半干法生产。立窑与回转窑相比，有其独特优点，在我国获得了广泛的应用，并在水泥工业中占有相当重要的地位。我国已有 4 000 多家立窑水泥厂，年产量已达 5 亿 t，占全国水泥总产量的 70% 以上，立窑的优点是：（1）基建投资比回转窑省，占地面积小，金属耗量低，有利于利用地方财力、物力、资源；（2）能就近利用廉价劣质燃料，在交通不便的边远地区，可就地生产，就地使用；（3）热效率高，能源消耗低。通常对于生产规模在 30 万 t 以下的地方水泥企业，立窑生产是一种比较经济的生产方式。根据我国国情，立窑水泥还将继续存在，但是应当看到，立窑水泥企业的平均生产水平还十分低下，单机产量、质量、成本、劳动生产率等各项技术经济指标都比较落后，不仅与预热分解窑差距显著，而且各立窑水泥企业之间的差距也很大，发展极不平衡。造成这种状况的原因，除了管理水平不高外，主要是由于多数此类企业技术水平落后，工艺流程不合理，设备选型不配套，机械化自动化程度低，新工艺、新技术推广应用少。

立窑的生产工艺可分为白生料、半黑生料、全黑生料等。目前在生产上应用得最多的是半黑生料和全黑生料工艺。

立窑煅烧方法主要有以下几种：

1. 全黑生料法 此法是把煅烧所需要的燃料与各种原料一起配合入磨，粉磨成含有煤粉的黑生料，然后成球入窑。

全黑生料法由于与原燃料一起粉磨得很细，煤灰在熟料中分布均匀，因而可避免局部形成过多的熔剂矿物，产生局部粉化现象；同时，磨细的煤粉，燃烧速度快，高温层集中，燃烧带短，窑内结大块的现象少；此外，料球内部的煤粉在燃烧时产生的一氧化碳和二氧化碳气体逸出到料球外部（也有碳酸钙分解的二氧化碳），可使熟料疏松多孔，给稳定煅烧创造了有利条件。

但是，由于料球表面很细的煤粉，在低温缺氧条件下，易发生燃烧不完全，甚至与自高温带带来的二氧化碳发生反应生成一氧化碳，因而废气中一氧化碳含量较高，增加了熟料热耗。

2. 差热煅烧法 立窑煅烧熟料时，边部与中部物料所需热量是不同的。边料由于与窑壁接触，一部分热量通过窑壁向外散热，同时，立窑的边风较大，也会使边料的热损失增大。对于普通立窑，还由于每次卸料后，使已被加热的窑壁部分露出而散失热量。因此，机械立窑，边部物料的热耗一般高达 3 770~4 200 kJ/kg 熟料（900~1 000 kcal/kg 熟料），而中部熟料热耗仅需约 2 500~2 950 kJ/kg 熟料（600~700 kcal/kg 熟料）。差热煅烧法就是根据边部和中部物料实际所需热量的差别，而在边部和中部分别加入不同的煤量。这种方法不仅可以降低煤耗，还可避免中部物料因含煤量过多，燃烧时产生还原气氛，生成低熔点矿物，易结大块的现象，以免影响通风，降低熟料质量。但是，差热煅烧法的操作，边、中料控制比较复杂，有时边、中料会混烧，反而降低煅烧质量。

3. 中黑生料法 是半黑生料法的一种，是黑生料法和差热煅烧法的综合煅烧方法。它是将中料煅烧所需要的煤全部入生料磨与原料一起粉磨成黑生料，而边料则是在中黑生料中外掺一些小于 3 mm 的粒状煤。这种方法既具有两者的优点，而且由于边部煤粒较粗，煤量较少，使底火略为增厚，减少全黑生料法可能出现的边部漏生现象，因此，对立窑的产量、质量提高有一定的帮助，但操作与生产控制仍然比较复杂，易出现混料，必须特别注意。

4. 细煤粒煨烧法 这是针对黑生料法的缺点（如煤粉细度较细易产生一氧化碳，造成热损失和边部底火过薄易漏生料等）而提出的一种煨烧方法。它是将细煤粒（1 mm 以下）掺入到白生料中，然后成球的一种方法，也可以配一部分煤与原料一起入磨制成黑生料，再掺入需要的细粒煤，然后成球入窑。有的厂生产试验表明，这种方法对保证熟料质量、降低煤耗有较好的效果。

5. 小料球快烧法 在应用预加水成球技术的基础上，使入窑的生料球颗粒尺寸控制在 $\phi 3\sim 5$ mm 左右，此时窑内料球爆破率降低，料层阻力小，烧成反应速度快，风机电流下降，对于产量、质量的提高和能耗的降低均大有裨益，此谓小料球快烧法。由于此项技术改善了立窑煨烧条件，也从根本上提高了熟料的烧成质量和立窑生产能力，因此该技术为正在推广的二十项技术之一。

应该指出：不论用何种煨烧方法，生产时均应采用浅暗火或暗火操作，不得采用半明火或明火操作，否则，不但会增加熟料热耗，而且将影响收尘设备的收尘效率和使用寿命。

典型的立窑生产工艺流程（半黑生料法）如图 1-1 所示。

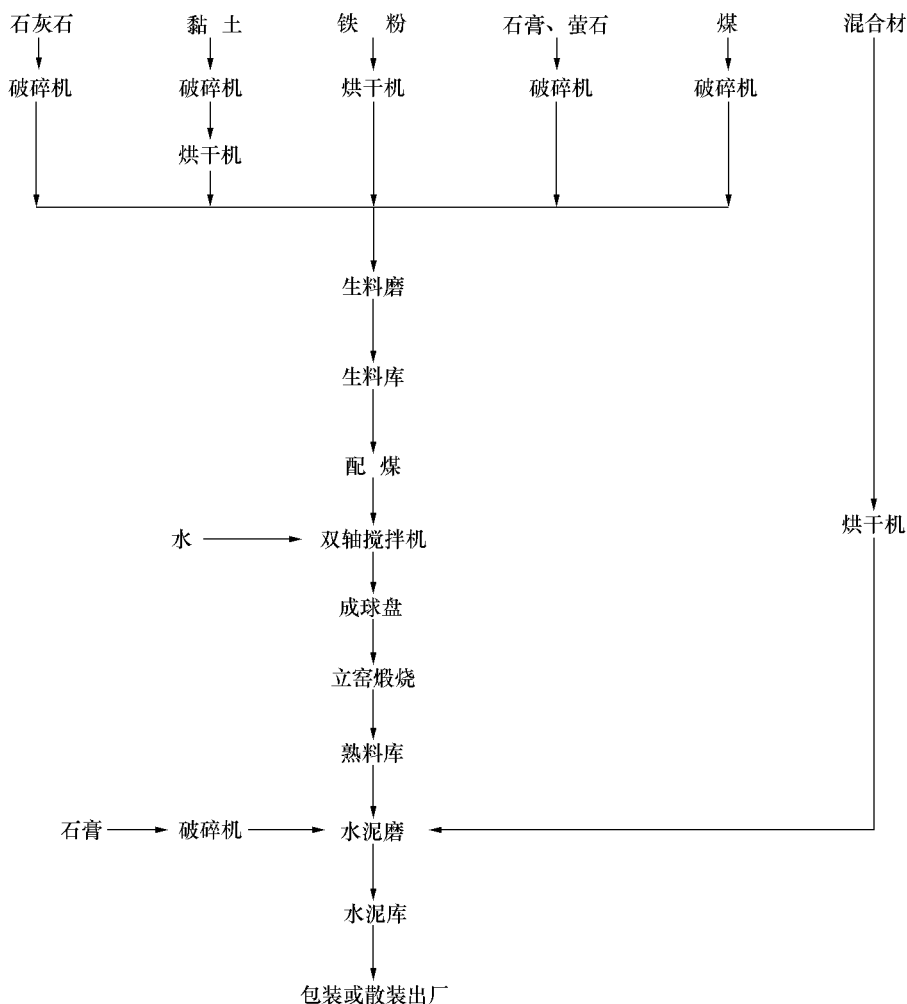


图 1-1 典型的立窑生产工艺流程（半黑生料法）

第二章 立窑水泥生产中质量调控的技术指标及调控点的确定

原燃料、半成品和成品的技术指标，是指企业为完成生产品种、内定标准及组织合理经营而对这些物料在技术管理方面的具体技术要求，也是把质量管理制度中的一些指标具体化。制定技术指标的目的是为了便于考核与检查。其内容包括物料名称、检查项目、检查规格、合格率、指标的上下限、检查的次数与时间、负责单位、取样地点和考核办法等。

第一节 质量控制的内容及对象

一、质量控制的内容

质量控制是有组织、有计划的系统活动，既有专业技术问题，又有管理问题，必须把两者结合起来，才能达到控制质量的目标。

质量控制主要有两个方面的内容。

（一）制订质量控制计划和控制标准

根据本厂实际，制定合适的控制指标；正确选择取样点、取样方法、检验次数、检验方法，准确、及时地提供原燃料、半成品、成品从进厂到出厂的各道工序、各种工况下真实的质量数据。

（二）处置和纠正措施

根据大量质量数据反映出的各种物料、各道工序的质量状况，分析异常的原因并及时采取各种有效的调度措施，保证各控制指标的实现，以最终保证出厂水泥各项技术指标符合国家标准及有关规定。在确保达标的前提下，满足用户某些特殊要求，将“符合性质量”转向“适应性质量”，同时要考虑最有效的节能降耗，增加产量，提高效益，生产出适应市场需求、竞争力强的优质水泥。

二、质量控制的对象

生产过程的质量控制应包括生产过程的各工序以及影响工序质量的工艺、装备、材料和人的因素等。根据水泥工业的实际，重点是：

（一）原燃料的控制及可追溯性

进厂的原燃料必须符合有关技术指标，进厂后合理堆放，严格隔离，清晰标记。坚持先检验后使用，万一有不合格的原燃料进厂，必须经过处置后方可使用。

（二）设备的控制

要按照设备管理规程的要求，用好设备、管好设备，坚持定期检查、定期维修的制度，使设备技术状况处于完好状态。

(三) 关键工序的控制

生料的制备、均化，熟料的烧成，水泥的制成、均化与出厂等都是水泥生产的关键工序，都要重点控制。重点岗位要配备技术素质较高的工人，对重要工艺参数加大检验频次并加强监督。

(四) 工艺参数更改的控制

由于工艺条件或原燃料发生重大变化，或改变生产品种，质量控制指标必须及时更改。更改必须遵循一定的程序报领导批准，并在技术文件上注明，及时通知有关部门和生产岗位。

(五) 不合格的控制

不合格是指“未满足规定的要求”。原燃料、半成品、成品中都有可能出现“不合格”品，因此在生产过程中要对不合格品进行有效地控制，制定出控制不合格品的有关制度和处置办法。出厂水泥不合格时按重大质量事故处理。

第二节 质量调控的有关技术指标

技术指标，除了满足国家标准规定外，还应根据各厂的具体情况制定高于国家标准的内控指标。现将某厂制定的主要技术指标附后供参考。

一、原材料

1. 石灰石

$\text{CaO} > 48\%$ ； $\text{MgO} < 3.0\%$ ； $\text{R}_2\text{O} < 1.0\%$ ；燧石或石英 $< 4.0\%$ 。

2. 黏土

$n = 2.7 \sim 3.5$ ； $P = 1.5 \sim 3.5$ ； $\text{MgO} < 3.0\%$ ； $\text{R}_2\text{O} < 4.0\%$ ，塑性指数 > 13 （ n 为硅率， P 为铝率）。

3. 铁粉

$\text{Fe}_2\text{O}_3 > 60\%$ 。

4. 石膏

$\text{SO}_3 > 35\%$ ； $\text{MgO} < 2.0\%$ （石膏指二水石膏）。

5. 萤石

$\text{CaF}_2 > 65\%$ ，不准含有围岩、砖石等杂物。

二、燃料

1. 无烟煤

干燥基灰分 $< 25\%$ ，挥发分 $< 10\%$ ，应用基低位热值 $> 20\,900 \text{ kJ/kg}$ （ $5\,000 \text{ kcal/kg}$ ）。

2. 烟煤

干燥基灰分 $< 25\%$ ，挥发分 $> 25\%$ ，应用基低位热值 $> 20\,900 \text{ kJ/kg}$ （ $5\,000 \text{ kcal/kg}$ ）。

三、混合材料

1. 矿渣

(1) 质量系数（ $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2 + \text{MnO} + \text{TiO}_2$ ） ≤ 1.2 。

- (2) 化学成分： $\text{MnO} < 4.0\%$ ， $\text{S} < 3.6\%$ 。
- (3) 未经充分淬冷的块状矿渣含量 $< 5\%$ ，最大直径 $< 100\text{ mm}$ ，除去金属块。
- (4) 湿矿渣水分 $< 25\%$ 。
2. 石灰石粉
- $\text{SiO}_2 < 8.0\%$ ，不得含有石块杂物。
3. 自然煤矸石
- (1) 烧失量 $< 10\%$ 。
- (2) $\text{SO}_3 < 3.0\%$ 。
- (3) 火山灰性试验必须合格。
- (4) 水泥胶砂 28 d 抗压强度比 $> 65\%$ 。
4. 粉煤灰
- (1) 烧失量不得超过 8.0% 。
- (2) 含水量不得超过 1.0% 。
- (3) SO_3 含量不得超过 3.0% 。
- (4) 水泥胶砂三个月抗压强度比 $> 115\%$ 。
5. 沸石
- 石灰吸收值 $> 150\text{ mg/g}$ 。

四、半成品和成品

1. 出磨生料

- (1) CaCO_3 滴定值 $(74.50 \pm 0.50)\%$ ，合格率 $> 60\%$ 。
- (2) Fe_2O_3 含量 $2.4\% \sim 2.7\%$ ，合格率 $> 60\%$ 。
- (3) 煤含量 $4.5\% \sim 5.5\%$ ，合格率 $> 80\%$ 。
- (4) 细度： 0.08 mm 方孔筛筛余 $< 10.0\%$ ，合格率 $> 80\%$ 。
- (5) 饱和比 $1.06 \sim 1.10$ ，合格率 $> 90.0\%$ 。

2. 入窑生料

CaCO_3 合格率 $> 85.0\%$ 。

3. 熟料质量

- (1) $f\text{CaO} < 2.8\%$ ，合格率 $> 85.0\%$ 。
- (2) $\text{MgO} < 5.0\%$ ，合格率 100% 。
- (3) $\text{SO}_3 < 2.0\%$ ，合格率 100% 。
- (4) 熟料平均强度等级 $> 53\text{ MPa}$ 。
- (5) 熟料入库粒度 $< 30\text{ mm}$ ，合格率 $> 70.0\%$ 。

4. 水泥（以 42.5 R 矿渣水泥为例）

- (1) 细度： 0.08 mm 方孔筛筛余 $3.0\% \sim 5.0\%$ 。
- (2) SO_3 ：不超过 3.5% 。
- (3) 烧失量： $< 4.5\%$ 。
- (4) 混合材掺量： $25.0\% \sim 35.0\%$ 。
- (5) 凝结时间：初凝 $> 1\text{ h}$ ，终凝 $< 10\text{ h}$ 。

(6) 安定性：沸煮法检验必须合格。

(7) 强度：不低于表 2-1 中所列数据。

表 2-1 水泥强度要求

强 度 \ 龄 期	3 d	28 d
抗压强度 (MPa)	22.0	48.0
抗折强度 (MPa)	4.5	7.5

(8) 出厂水泥合格率 100%。

(9) 出厂水泥富裕强度合格率 100%。

(10) 出厂水泥标准偏差 < 1.5 MPa，合格率 80.0%。

(11) 出厂水泥超强度等级 $< 10.0\%$ 。

(12) 每袋净重 (50 ± 1.0) kg，抽样合格率 98.0%。

(13) 包装标记必须清楚、齐全。

第三节 调控点的确定

生产调控点的确定要根据各厂的具体工艺流程和技术要求来制定，为表述清楚，可将调控点及其相关参数用图表表示。

一、生产流程控制图

将生产调控点集中在一张生产工艺流程示意图上或设备流程示意图上，我们就可以得到一张生产流程调控图。生产调控点及相关参数还可以根据生产的流程顺序列成一张表格，在表上注明：物料名称、控制点、取样地点、检验周期、检验项目、技术标准等项目。这两种图表以简明的形式反映出工厂的生产流程控制情况，常为水泥工厂所采用。现将典型的现代立窑生产流程控制图示于图 2-1，供参考。

二、生产流程调控表

典型的现代立窑生产流程质量控制参数见表 2-2（对应于图 2-1），现代立窑水泥厂通常要求的生产控制参数见表 2-3，以上各表仅供参考，各厂根据具体情况相应调整。

表 2-2 典型的现代立窑生产流程质量控制表

点号	物料名称	取样地点	检测次数	取样方法	检测项目	技术指标	合格率/%	质量管理要求	责任岗位
1	石灰石	矿山开采点	1/月	平均样	全分析	$\text{CaO} \geq 50\%$ $\text{MgO} < 3.0\%$		分网点，先剥后采，块径 ≤ 400 mm	矿山车间
		外购堆场	1/进厂批	平均样	全分析	$\text{CaO} \geq 50\%$ $\text{MgO} < 3.0\%$	100	堆放量 > 15 d，块径 150~400 mm，无杂石	供应科
2		破碎机出口	1/d	瞬时样	粒度	≤ 20 mm	≥ 90	过粗时抽查级配，予以调整	破碎车间
3		烘干机出口	1/4 h	瞬时样	水分	$\leq 1.0\%$	≥ 95		烘干车间

点号	物料名称	取样地点	检测次数	取样方法	检测项目	技术指标	合格率/%	质量管理要求	责任岗位	
4	黏土	黏土开采点	1/月	平均样	全分析 含砂量	N _{3.0} ~3.5, P _{2.3} ~2.8, MgO<3.0% R ₂ O<4.0%		无礞石	化验室 供应科	
		黏土库房	1/月	平均样				库存量>10 d		
5		烘干机入口	1/班	瞬时样	水分	原始水分 <18.0%			烘干 车间	
		烘干机出口	1/2 h	瞬时样	水分	≤2.0%				≥90
6	萤石	进厂堆场	1/批	平均样	全分析	CaF ₂ >60% 无有害成分		粒径<400 mm, 存量>30 d	供应科	
7		破碎机出口	1/d	瞬时样	粒度	≤20 mm	≥90	无混杂	破碎 车间	
8		提升机口	随机	抽查	配比			符合黏土、萤 石配料要求	化验室	
9	无烟煤	进厂堆	1/批	平均样	工业分析 灰分分析	A ^f ≤20% , V ^f ≤10% Q ^f DW≥ 23 000 kJ/kg		堆存量>20 d	化验室 供应科	
10		留样	1/月	综合样						
		晒场	1/批	平均样	水分	≤4.0%	≥80	搭配摊晒, 平铺竖取	供应科	
11	铁粉	进厂堆场	1/月	平均样	全分析	Fe ₂ O ₃ >50% , 无有害成分		无泥砂混杂, 堆存量>30 d	供应科	
12		晒场	1/批	平均样	水分	≤6.0%	≥80	无混杂	供应科	
13	入磨碎石	皮带秤	1/(班·磨)	瞬时样	水分、粒度	水分<1.0% , 粒径<20 mm			破碎 车间	
	入磨黏土	皮带秤	1/(班·磨)	瞬时样	水分	<2.0%			烘干 车间	
	入磨铁粉	皮带秤	1/(班·磨)	瞬时样	水分	<6.0%			烘干 车间	
	入磨煤	皮带秤	1/(班·磨)	瞬时样	水分、粒度	水分<4.0% , 粒径<30 mm		无大块煤	化验室	
		留样	1/d	综合样	灰分	A ^f <20%		相邻 A ^f ±2%		
	入磨煤	留样	1/月	综合样	工业分析 灰分分析	V ^f ≤10% Q ^f DW≥23 000 kJ/kg			供应科	
14	出磨生料	磨机出口	随机	瞬时样	出磨细度	与成品、回料 细度相匹配		成品细度异 常时抽查调整	生料 车间	
15				1/(h·磨)	瞬时样	成品细度	<10% (0.080 mm) <1.5% (0.02 mm)	≥87.5		库存量>7 d
		选粉机 成品出口		1/(h·磨)	瞬时样	T _{CaCO₃}	T _c ±0.5%	≥60		
				1/(2h·磨)	瞬时样	生料 Fe ₂ O ₃	T _F ±0.2%	≥70		
				1/(4h·磨)	瞬时样	含煤量	T _煤 ±0.5%	≥80		
				1/(d·磨)	综合样	全分析	KH±0.02, n±0.01, P±0.1			
		选粉机 回料口	随机	瞬时样	细度	与成品、出磨 细度相匹配				选粉效率 (65±5)% 循环负荷 (200±30)%