

SHUI NI SHENG CHAN GONG YI JI SUAN SHOU CE

水泥生产工艺计算手册

王君伟 李祖尚 编著

中国建材工业出版社

安全生产工程设计指南

王德林 王德成 主编

水泥生产工艺计算手册

王君伟 李祖尚 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水泥生产工艺计算手册/王君伟, 李祖尚主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2001. 11

ISBN 7-80159-172-0

I. 水… II. ①王…②李… III. 水泥—生产工艺—计算方法—技术手册 IV. TQ172.6-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 072906 号

水泥生产工艺计算手册

王君伟 李祖尚 编

*

中国建材工业出版社

北京海淀区三里河路 11 号 (邮编 100831)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

北京丽源印刷厂印刷

开本: 850mm×1168mm 印张: 25.125 字数: 600 千字

2001 年 11 月第一版 2001 年 11 月第一次印刷

印数: 1~4000 册 定价: 48.00 元

ISBN7-80159-172-0/TU·080

前 言

工艺专业是企业生产技术管理和技术进步的龙头。按照《工艺管理规程》中对工艺管理的职责要求：“加强工艺管理，做好技术基础工作，以取得生产上的最佳经济技术效果。”作者从参与工艺技术管理工作体会出发，通过生产或测试数值，运用公式进行科学计算，经整理分析，求得需要的技术参数和操作控制数据，为企业的技术进步、技术改造和决策提供依据，并为企业创造最大的经济效益和社会效益服务。

本书以结合生产、服务生产为宗旨，以提供水泥生产管理所需要工艺参数为主体，在实践基础上，收集整理、编写汇总而成。书中着重介绍了水泥生产中的质量控制，热工测定，窑、磨、烘干机的技术经济指标和统计参数的应用计算式，并列有经验数值，供读者参考，对公式推导等论证部分不作评述。当今科技步入信息时代，电子计算机已普遍在水泥工业中应用，其计算程序已编入软件，在此不作介绍。

由于笔者知识领域、信息量有限，加之科技发展，在编写时难免有疏漏偏颇和错误之处，敬请读者不吝赐教、批评指正，容后修改。

编写过程中从专业杂志和书籍引用了有关资料，在此向所有作者表示衷心的感谢！并特别感谢陕西秦岭水泥股份有限公司总经理黄四领、公司原总工程师包先诚、公司原宣传部长苏盛柱和现任宣传部长徐世颜、副部长王文合等同志的大力关怀和支持，使本书得以早日与读者见面。

编 著 者

2001年6月

内容简介

本书根据水泥生产的需要，结合工厂管理实践，着重介绍了水泥生产过程中工艺质量控制和技术指标的计算方法。内容包括：配料控制；工艺平衡；热工测定以及水泥窑、磨、烘干等设备的工艺管理及操作技术参数、统计指标的计算式，还收集了工艺计算中的常见数据、资料。

作者结合自己四十多年的工作经验，在参考了现有国内的有关教科书和专业资料基础上，以工厂生产需要的计算项目为主线，归纳总结出一整套水泥生产中的相关计算公式和经验数据，对水泥厂的生产管理具有很强的实用性。

由于本书内容广泛、翔实，适于水泥生产管理人员、工艺技术人员以及从事水泥设计的科研人员使用。具有“一书在手，方便使用”的效果。

作者简介



王君伟：女，高级工程师，1934年出生于福建省福州市，1958年毕业于南京工学院（现东南大学）化工系。毕业后分配到西北工业建筑设计院，1961年底到耀县水泥厂。四十多年来一直从事水泥工艺设计，技术管理工作。在《水泥》等专业刊物上发表多篇论文。主编的《陕西省耀县水泥厂工艺生产手册》荣获1996年“建材行业软科学研究成果”二等奖。



李祖尚：男，高级工程师。籍贯：福建省南安市。1957年毕业于南京工学院化工系。毕业后分配到陕西省耀县水泥厂，四十多年来一直从事水泥生产、技术、质量管理工作。主持并参与工厂多项技术改进，产品升级取得效益：如窑链条改挂、油井水泥试制（该项目获省科技进步奖）等。参与编写《陕西省耀县水泥厂工艺生产手册》获“建材行业软科学研究成果”二等奖。在《水泥》、《水泥技术》等专业刊物上发表多篇有关生产技术应用论文。

目 录

第一章 水泥熟料质量控制式	(1)
第一节 熟料矿物组成	(2)
一、由已知化学成分及率值计算矿物组成	(2)
二、掺复合矿化剂时熟料矿物组成	(2)
三、特种水泥熟料的矿物组成	(3)
第二节 熟料率值	(5)
一、石灰饱和系数	(5)
二、硅酸率	(6)
三、铝氧率	(6)
四、石灰饱和率	(6)
五、铝酸盐碱度系数	(7)
六、铝硅比系数	(7)
七、硫铝酸盐碱度系数和铝硫比	(8)
八、碱的硫酸盐饱和度	(8)
九、开发利用工业废渣或尾矿时熟料率值	(8)
第三节 熟料化学成分	(9)
一、用矿物组成计算	(9)
二、用率值计算	(10)
第四节 生料、熟料特性及评价	(10)
一、生料易烧性	(10)
二、熟料液相量	(10)
三、熟料硫碱比	(10)
四、钠当量	(11)
第五节 混合材质量评价	(12)
一、高炉矿渣的质量系数	(12)
二、混合材 28 天抗压强度比	(12)
第六节 数理统计	(13)
一、数理统计特征数	(13)
二、一元线性回归	(15)
三、一元非线性回归	(18)
四、二元回归分析	(18)
五、用数理统计法计算合格率	(21)

六、关于异常数据的剔除	(24)
七、直观图	(24)
第二章 配料计算	(28)
第一节 基本计算步骤	(28)
一、列出各种原料、燃料、煤灰的化学成分及燃料的工业分析	(28)
二、计算熟料中煤灰掺入量和黑生料中干煤加入量	(29)
三、设定熟料率值或矿物组成	(29)
四、进行面料计算	(32)
五、计算原料配比	(32)
六、验算熟料率值或矿物组成	(32)
七、计算生料质量控制指标和生料磨流量指标	(32)
第二节 生料配料常用方法简介	(34)
一、碳酸钙滴定法	(34)
二、尝试误差法	(34)
三、递减试凑法	(35)
四、代数法	(36)
五、配料计算示例	(39)
第三节 配料特例	(47)
一、掺复合矿化剂	(47)
二、黑生料	(49)
三、油井水泥	(52)
四、硫铝酸盐水泥	(55)
五、高铝水泥	(56)
第四节 配库	(57)
一、配黄泥	(57)
二、配磨浆	(58)
三、生料粉调配	(58)
四、间歇式搅拌库	(59)
第五节 调整入磨原料配比	(59)
一、用出磨生料目标率值调整	(59)
二、用出磨生料成分和熟料目标率值调整	(61)
附表 2-1 硅酸盐水泥的原料	(64)
附表 2-2 对水泥原料、燃料、生料的质量要求	(64)
附表 2-3 各类特种水泥的主要成分、性能和应用范围	(67)
附表 2-4 工业废渣在水泥中的应用	(68)
附表 2-5 过程质量控制指标一览表	(70)
附表 2-6 熟料成份速查表之一	(72)

附表 2-7 熟料成份速查表之二	(73)
附表 2-8 熟料成份速查表之三	(74)
第三章 工艺平衡	(75)
第一节 全厂工艺平衡计算	(75)
一、物料平衡计算	(75)
二、主机平衡计算	(79)
三、储库容量平衡计算	(81)
第二节 主机设备运转率	(83)
一、主机设备运转率	(83)
二、设备储备能力	(83)
第三节 工厂实际消耗定额	(84)
一、统计法	(84)
二、单项测定	(85)
三、物料配比	(85)
附表 3-1 成品、半成品生产消耗统计表	(86)
附表 3-2 主机性能考核时间及内容	(87)
附表 3-3 我国水泥组成	(87)
第四章 热平衡计算	(88)
第一节 热工设备的热平衡	(88)
一、回转窑系统	(88)
二、冷却机	(92)
三、机立窑	(93)
四、余热锅炉	(94)
五、增湿塔	(95)
六、生料烘干磨	(97)
七、辊式磨	(99)
八、选粉机	(100)
九、水泥磨	(100)
十、煤磨	(102)
十一、回转烘干机	(103)
十二、燃烧室	(104)
第二节 单项热工参数	(105)
一、热工设备热效率	(105)
二、熟料形成热	(107)
三、气体和物料比热	(108)
四、筒体散热经验数据	(108)

五、热平衡计算的应用	(109)
第三节 企业能量平衡	(110)
一、单位能耗	(110)
二、单位综合能耗	(110)
三、产品单位能耗	(111)
附表 4-1 水泥回转窑热平衡测定项目	(114)
附表 4-2 机立窑热平衡测定项目	(115)
附表 4-3 回转烘干机热平衡测定项目	(116)
第五章 粉磨工艺	(117)
第一节 管(球)磨机	(117)
一、磨机有效容积	(117)
二、磨机转速	(118)
三、生产能力	(118)
四、磨机功率	(125)
五、研磨体填充率及配球	(127)
六、磨内通风	(132)
七、磨内喷水	(132)
第二节 选粉工艺	(133)
一、循环负荷	(134)
二、选粉效率	(134)
三、粉磨能力与选粉效率、循环负荷关系	(135)
四、选粉设备	(136)
第三节 辊式磨	(137)
一、生产能力	(137)
二、转速	(139)
三、功率	(139)
四、通风量	(140)
五、料层厚度	(140)
第四节 辊压机	(141)
一、生产能力	(141)
二、转速	(142)
三、功率	(142)
第五节 煤磨	(143)
一、钢球磨生产能力	(143)
二、煤粉细度	(144)
三、风扫式煤磨所需功率	(145)
四、热风量和通风量	(146)

第六节 废气露点	(147)
一、生料烘干磨	(148)
二、风扫式煤磨	(148)
附表 5-1 弓形函数表	(150)
附表 5-2 圆段角函数表	(153)
附表 5-3 研磨体技术参数	(155)
附表 5-4 不同规模部分水泥厂磨机配套	(156)
第六章 回转窑煅烧及冷却	(157)
第一节 回转窑	(157)
一、窑的规格尺寸	(157)
二、窑内燃烧带、烧成带长度	(159)
三、窑的发热能力和燃烧带热力强度	(161)
四、窑内物料运动速度和停留时间	(162)
五、窑内物料负荷率	(163)
六、窑传动功率	(165)
第二节 窑系统生产能力	(165)
一、通式	(165)
二、湿法长窑	(166)
三、干法窑	(167)
四、预热器窑	(167)
五、预热预分解窑	(168)
六、单位产量指标	(168)
七、高海拔对窑产量的影响	(169)
第三节 烧成系统三大平衡	(170)
一、物料平衡	(171)
二、气体平衡	(171)
三、热量平衡	(172)
第四节 燃烧器	(172)
一、单通道喷煤管	(172)
二、多通道燃烧器	(173)
三、下煤拨梢	(174)
第五节 窑头鼓风机	(176)
一、一次风量	(176)
二、一次风比例	(176)
三、窑头鼓风机选型风量	(176)
第六节 分解炉	(177)
一、工艺参数	(177)

二、物料量表示法	(226)
第二节 烘干参数	(226)
一、蒸发能力	(226)
二、蒸发强度	(226)
三、烘干系统热效率	(227)
第三节 干燥过程的工艺参数	(227)
一、水分蒸发量	(227)
二、干燥介质消耗量	(227)
三、烘干热耗	(228)
四、燃料消耗量	(229)
第四节 干燥过程的状态参数	(230)
一、进烘干机干燥介质的状态参数	(230)
二、出烘干机气体的状态参数	(232)
三、烘干计算示例	(233)
第五节 回转烘干机	(235)
一、烘干机规格尺寸	(235)
二、生产能力	(241)
三、停留时间	(242)
四、出烘干机废气量	(242)
五、要求烘干机系统的排风量	(243)
六、烘干机动力	(243)
第六节 燃烧室	(244)
一、燃烧室耗煤量	(244)
二、炉篦面积热强度	(244)
三、炉膛容积热强度	(244)
四、炉膛尺寸	(244)
五、鼓风机选型计算	(246)
附图 8-1 湿空气 $I-x$ 图	(248)
附图 8-2 湿空气 $I-x$ 图 (高温)	(249)
第九章 收尘	(250)
第一节 收尘效率	(251)
一、总收尘效率	(251)
二、分级收尘效率	(253)
三、总收尘效率与分级收尘效率换算	(254)
第二节 收尘设备的选型计算	(254)
一、沉降室	(256)
二、旋风收尘器	(256)

三、袋收尘器	(256)
四、电收尘器	(258)
五、增湿塔	(260)
第三节 设备抽风量	(262)
一、生产常用设备抽风量表	(263)
二、密闭罩抽风量	(264)
三、胶带输送机收尘风量	(265)
第四节 收尘管网阻力计算	(267)
一、管径	(267)
二、管网阻力	(267)
第五节 排风机	(269)
一、风机性能参数的调整换算	(269)
二、风压调整	(270)
三、核算风机功率	(270)
四、海拔高度修正	(271)
附表 9-1 除尘管道的局部阻力	(272)
第十章 均化与储存	(277)
第一节 评价物料均匀性指标	(277)
一、石灰石矿以样长为权重的标准偏差	(277)
二、圆库的均化效果	(278)
三、生料系统均化效果的流程设计	(279)
第二节 均化工艺	(282)
一、原料、燃料的预均化	(282)
二、间歇式生料搅拌库	(283)
三、连续式生料均化库	(284)
第三节 储存	(285)
一、各种类型库容积	(286)
二、料仓斜壁倾角和空间夹角	(293)
三、储存期	(294)
四、库个数	(295)
附表 10-1 多面体的表面积和体积计算公式	(298)
附表 10-2 面积、容积换算	(299)
附表 10-3 双曲线料粉仓算图	(302)
第十一章 窑衬与保温	(303)
第一节 一般热工保温计算	(303)
一、传导传热	(303)

二、辐射与对流传热	(304)
三、炉墙蓄热量	(306)
第二节 工业设备与管道的隔热保温	(306)
一、计算程序	(306)
二、根据已知条件对隔热保温参数的计算	(307)
第三节 机立窑高温带保温计算	(313)
一、散热损失	(313)
二、保温层厚度	(314)
第四节 收尘器保温	(315)
一、保温层厚度	(315)
二、管道	(316)
第五节 水泥回转窑系统散热损失	(316)
一、用表面温度计算散热损失	(316)
二、传热法	(317)
第六节 衬砖	(318)
一、窑炉壁用砖	(318)
二、立窑喇叭的用砖	(320)
三、衬砖的砌筑要求	(321)
附表 11-1 传统水泥窑耐火材料的配置	(322)
附表 11-2 预分解窑窑用耐火材料的配置	(322)
附表 11-3 预分解窑系统不动设备耐火材料的配置	(323)
附表 11-4 单筒冷却机耐火材料的配置	(323)
附表 11-5 立窑耐火材料配置的建议	(323)
附表 11-6 耐火砖及隔热材料主要性能	(323)
附表 11-7 高铝质砖的主要性能	(324)
附表 11-8 系列耐碱砖主要成分和主要性能	(324)
附表 11-9 耐火浇注料的主要性能	(325)
附表 11-10 隔热材料的主要性能	(325)
附表 11-11 耐火材料的物理参数	(326)
附表 11-12 隔热材料的物理参数	(326)
附表 11-13 耐火砖与耐火泥浆匹配的要求	(327)
附表 11-14 常用工程材料的黑度	(327)
附表 11-15 $x \ln x$ 函数表	(328)
第十二章 热工技术测定计算	(333)
第一节 温度	(333)
一、温标换算	(333)
二、熟料温度	(333)

三、入窑二次风温	(334)
四、燃烧温度	(335)
五、入磨物料平均温度	(336)
第二节 压力	(336)
一、压力换算	(336)
二、动压、静压、全压	(337)
三、海拔高度与大气压关系式	(337)
第三节 表面散热损失	(337)
一、测量算式	(337)
二、计算示例	(337)
第四节 气体流速与流量	(338)
一、平均风速	(338)
二、风量	(338)
第五节 过剩空气系数	(342)
一、固体或液体燃料	(342)
二、气体燃料	(342)
第六节 气体湿含量	(342)
一、气体湿含量	(342)
二、相对湿度	(344)
三、露点	(344)
第七节 气体密度	(345)
一、气体密度	(345)
二、含尘气体重度	(345)
三、烟气密度	(346)
第八节 气体含尘浓度	(346)
一、风量换算	(346)
二、含尘浓度	(347)
三、排尘量	(347)
第九节 燃料组成及燃烧计算	(348)
一、燃料组成	(348)
二、燃料发热量	(349)
三、燃料燃烧	(351)
第十节 生产技术测试计算	(355)
一、物料粒度	(355)
二、入磨物料平均水分	(357)
三、物流流速	(357)
四、球料比	(358)
五、研磨体填充系数	(359)

六、生产实际的窑炉燃料比	(359)
第十一节 工艺主要消耗指标计算	(361)
一、小时产量	(361)
二、燃料消耗	(362)
三、料耗	(362)
四、研磨体消耗	(363)
五、工艺生产用水	(363)
第十二节 系统技术测定的分析指标	(364)
一、回转窑系统	(366)
二、冷却机	(366)
三、机立窑	(366)
四、热耗	(366)
五、管磨机	(367)
附表 12-1 湿法生料磨技术测定的测点、测定项目	(368)
附表 12-2 干法生料磨、水泥磨技术测定的测点、测定项目	(368)
附表 12-3 风扫式煤磨热工技术测定的测点、测定项目	(369)
附表 12-4 烟气的物理参数	(369)
附表 12-5 干空气的物理参数	(370)
附表 12-6 在饱和线上水蒸气的物理参数	(371)
附表 12-7 在饱和线上水的物理参数	(372)
附表 12-8 湿空气的相对湿度表	(373)
附表 12-9 湿空气的热含量和湿含量	(374)
附表 12-10 管道测点位置	(376)
附表 12-11 各种气体和部分物料的平均比热	(377)
附表 12-12 水泥工厂的压缩空气消耗量表	(380)
附表 12-13 工程单位制和国际单位制的换算表	(381)
附表 12-14 长度单位(公制与英制)换算表	(382)
附表 12-15 我国市制常用计算单位的进率和换算	(383)
附表 12-16 常用物料的密度和休止角	(384)
主要参考资料	(385)