

“十一·五”省重点图书

水泥“十万”个为什么

9

水泥与熟料化学
粉磨
回转窑
其他



林宗寿 编著



作者简介

林宗寿，福建福鼎人，年生，1981年12月毕业于武汉大学，1985年6月武汉大学研究生毕业，1990年从日本工业大学进修回国。

现任武汉理工大学教授、博士生导师；第九、十届全国人大代表，第十一届全国政协人口资源环境委员会委员；全国“五一”劳动奖获得者，享受国务院特殊津贴；武汉亿胜科技有限公司董事长兼总工程师。

从事水泥化学及工艺研究。获得专利27项，计算版权5项；发表论文100余篇；编《无机非金属材料工学一部》；编著《水泥“十万个为什么”》一套；获得湖北省一等奖两项及国家自然科学利用优秀成果等多项。



武汉理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水泥“十万”个为什么. 9, 水泥与熟料化学、粉磨、回转窑、其他 / 林宗寿编著. —
武汉: 武汉理工大学出版社, 2010. 4
ISBN 978-7-5629-3144-7

I. ①水… II. ①林… III. ①水泥-基本知识 IV. ①TQ172

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 047642 号

出版发行: 武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编 430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

E-mail: yangxuezh@whut.edu.cn

经 销 者: 各地新华书店

印 刷 者: 武汉理工大印刷厂

开 本: 787×960 1/16

印 张: 31.5

字 数: 602 千字

版 次: 2010 年 4 月第 1 版

印 次: 2010 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 1—2000 册

定 价: 63.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话: (027)87397097 87394412

水泥是国民经济基础原材料,水泥工业与经济建设密切相关,在未来相当长的时期内,水泥仍将是人类社会的主要建筑材料。随着我国国民经济的飞速发展和对水泥需求的不断增加,中国水泥工业近 10 年发展迅速,干法悬浮预热预分解技术日益成熟,开始在水泥企业广泛应用,水泥生产技术和装备向着系列化、大型化和生态化方向迈进。2008 年我国水泥产量为 13.9 亿吨,占全球水泥总产量的一半以上,已经连续 23 年位居世界第一,中国水泥大国的地位已毋庸置疑。中国虽是水泥大国,但并非水泥强国。在水泥生产的能耗方面,虽然大型新型干法水泥生产线已接近世界先进水平,但中国水泥工业整体水平同国际先进水平相比依然存在不小的差距,随着中国水泥工业的不断自我完善和发展,相信在不久的将来,中国会成为世界水泥生产强国。

在水泥生产过程中,岗位工人和生产管理人员经常会遇到一些疑难问题。这些问题,手册中查不到,教材中一般不涉及,查阅期刊既不方便,也未必具有针对性。大家普遍反映缺少一套内容全面、简明实用、针对性强的水泥技术参考书。

“传道、授业、解惑”,自古以来就是教师的天职。作为一名高校教师,我常常为自己学识浅薄而感到愧疚。每当面对提出问题的学生,面对水泥厂那些被种种疑难所困扰的技术人员和工人朋友,我就深感有一种义不容辞的责任。为此,十几年前,我便开始搜集资料,潜心学习和整理国内外专家、学者的研究成果,特别是水泥厂生产过程中一些宝贵的实践经验,并结合自己在水泥科研、教学及水泥技术服务实践中的切身体会,汲取营养,为实践这一责任奠定了基础。

2000 年 4 月以来,我应邀在全国各地举办“水泥新技术讲座及疑难问题咨询会”,至今已达近百个场次。每次咨询会都至少安排一天时间与学员们进行互动式答疑解惑。从他们渴望的目光里,我一次次地体悟“授之鱼,不如授之以渔”的道理。同时,我也通过他们获得了大量第一手资料。2006 年,《水泥“十万”个为什么》第 1~8 卷与广大读者见面了,受到广大读者的热烈欢迎。近年来,由于

我国水泥工业的飞速发展,在新型干法预分解窑、大型立磨和辊压机的先进粉磨技术等方面取得了长足的进步,为此,续写了《水泥“十万”个为什么》第9卷。

《水泥“十万”个为什么》第9卷是一本供水泥行业管理人员、技术人员和岗位操作工阅读和参考的工具书,它主要涉及水泥与熟料化学、粉磨、预分解窑煅烧操作等方面常见的问题及解决方法。本书力求做到删繁就简、深入浅出、内容全面、突出实用,既有理论研究的浓缩和概括,又有实践工作经验的归纳与提升,具有较强的指导性和可操作性。由于本书编写着眼于解决实际问题,尽量地回避复杂的数学计算、高深的理论知识,很好地解决了岗位操作工看得懂、用得上的问题。同时,本书对水泥领域的最新技术和理论研究成果也进行了介绍,可作为专业院校、技校师生及水泥科研人员的参考书。

在本书的编写过程中,得到了我妻子刘顺妮教授极大的鼓励和帮助,在此表示衷心的感谢;同时,对提供宝贵经验和资料的众多专家、学者以及生产技术人员致以衷心感谢!

由于编者水平有限,书中纰漏在所难免,恳请广大读者和专家提出批评并不吝赐教,以便再版时修正。

林宗寿

2009年10月于武汉

目 录

前言

1 水泥与熟料化学

- 1.1 水泥简史 3
- 1.2 水泥是怎么来的 4
- 1.3 中国水泥工业发展史上的第一次 6
- 1.4 库尔的石灰标准值 KSt 如何得来 8
- 1.5 李和派克石灰饱和系数 LSF 如何得来 9
- 1.6 熟料中游离氧化钙含量过低有何不利之处 12
- 1.7 为何要正确认识熟料中游离氧化钙含量的影响 13
- 1.8 如何设计预分解窑熟料的配料方案 14
- 1.9 预分解窑煅烧劣质煤时应采用什么样的配料方案 21
- 1.10 新型干法窑对生料中的有害物质含量有何要求 21
- 1.11 何为水泥混凝土的塑性收缩裂缝 22
- 1.12 何为水泥混凝土的自身收缩 23
- 1.13 何为水泥混凝土的温度收缩 23
- 1.14 何为水泥混凝土的自收缩 24
- 1.15 水泥混凝土为什么会产生干缩 25
- 1.16 常规混凝土梁产生裂缝的原因有哪些 25
- 1.17 如何防止水泥混凝土施工后开裂 29
- 1.18 如何防止大体积混凝土的开裂 31
- 1.19 水泥混凝土为什么会开裂 33
- 1.20 夏季施工如何预防水泥混凝土路面断板现象 33

-
- 1.21 如何处理钢筋混凝土的结构裂缝 34
 - 1.22 如何防止水泥楼地面起砂 37
 - 1.23 水泥地面为何会起砂,如何预防 39
 - 1.24 水泥初凝与终凝时间间隔太短为何容易起砂 43
 - 1.25 温度和湿度对水泥凝结时间有何影响 44
 - 1.26 水泥混凝土路面板破坏的原因及其防治 45
 - 1.27 水泥混凝土路面施工应注意哪些事项 48
 - 1.28 影响混凝土碳化的因素有哪些,如何处理 50
 - 1.29 影响混凝土耐久性的因素有哪些 52
 - 1.30 二氧化碳是如何腐蚀水泥石的 54
 - 1.31 碳化对水泥混凝土有何影响 55
 - 1.32 粉煤灰对混凝土碳化有何影响 55
 - 1.33 对碳化的水泥混凝土如何进行防护处理 57
 - 1.34 氯离子造成混凝土钢筋锈蚀是何机理 59
 - 1.35 混凝土钢筋锈蚀是何原因,如何预防 61
 - 1.36 如何预防氯盐对水泥混凝土的侵蚀破坏 63
 - 1.37 提高混凝土耐久性的途径有哪些 64
 - 1.38 水泥中的碱是以什么形式存在的 67
 - 1.39 什么是水泥及混凝土中的有害碱与无害碱 69
 - 1.40 如何从水泥生产工艺角度提高混凝土耐久性 71
 - 1.41 影响氯离子测定准确性的因素和注意事项 72
 - 1.42 水泥抹面后开始养护时撒水出现起泡是何原因 73
 - 1.43 白水泥使用中应注意哪些事项 74
 - 1.44 砌筑水泥施工时应注意哪些事项 75
 - 1.45 使用抗硫酸盐水泥应注意些什么 77
 - 1.46 使用水泥的八忌 78
 - 1.47 用户如何验收和保管水泥 79
 - 1.48 如何利用氧弹仪检测煤中的全硫含量 81
 - 1.49 疏松性黄心料与致密性黄心料有何不同 84
 - 1.50 预分解窑还原熟料是如何形成的 85
 - 1.51 新型干法窑入窑生料分解率应控制在多少合适,如何控制 89
 - 1.52 新型干法窑为何要控制入窑生料碳酸钙分解率 89
 - 1.53 影响回转窑煅烧硫挥发系数的因素有哪些 90
 - 1.54 何为地质聚合物水泥 92
 - 1.55 地质聚合物水泥有何特性 93
 - 1.56 何为导电、导磁水泥 93

1.57	何为无磁水泥	94
1.58	生产复合水泥有何目的	95
1.59	高炉矿渣在水泥工业应用的发展过程	95
1.60	如何生产低铬水泥	96
1.61	32.5R 水泥中的 R 表示什么意思	97
1.62	为什么要提高水泥的早期强度	98
1.63	为什么说水泥质量好坏不能只以强度高低为依据	98
1.64	我国水泥质量与国际先进水平有哪些差距	99
1.65	新型干法窑生料质量控制有何缺陷,如何解决	102
1.66	如何解决生料配料堵料难题	106
1.67	用便宜水泥就能降低混凝土成本吗	107
1.68	水泥颗粒级配在什么范围较好	110
1.69	掺石灰石混合材对水泥的水化及性能有何影响	111
1.70	石灰石对硅酸盐类水泥抗硫酸盐性能有何影响	115
1.71	石灰石对水泥中铝酸三钙的水化有何影响	116
1.72	石灰石为什么会加快硅酸三钙的水化速度	117

2 粉磨

2.1	粉磨工艺的发展趋势	123
2.2	提高水泥磨机产量的主要途径有哪些	125
2.3	出磨水泥温度高有何危害,如何解决	130
2.4	水泥磨内喷雾水有何好处	133
2.5	如何选用水泥助磨剂	134
2.6	助磨剂对水泥颗粒级配有何影响	136
2.7	如何解决出磨煤粉水分大的问题	136
2.8	煤磨系统在设备和操作上应采取哪些安全措施	139
2.9	水泥出磨正常,但包装水泥中有小颗粒,是何原因	141
2.10	熟料预粉碎工艺应注意的几点问题	141
2.11	HORO 磨(卧辊磨)水泥粉磨系统的基本原理	143
2.12	中卸式柱磨机的结构和工作原理	144
2.13	粗粉分离器结构及工作原理是什么	145
2.14	立磨生料粉磨系统启动前应做好哪些准备工作	146
2.15	立磨生料粉磨系统启动与停车应如何操作	149
2.16	立磨生料粉磨系统试生产及生产中应注意事项	153
2.17	一则立磨生料制备系统的操作经验	155

2.18	一则用立磨粉磨无烟煤的经验	160
2.19	何谓立磨操作的一看,二兼顾,三调,四稳定	161
2.20	立磨的操作要点是什么	161
2.21	立磨磨辊偏离轨道是何原因,如何解决	162
2.22	立磨吐渣是何原因,如何处理	164
2.23	立磨振动原因及解决方法	166
2.24	立磨生产如何设定研磨压力	168
2.25	立磨生产如何用风	169
2.26	如何防止生料立磨循环提升机的跳停	170
2.27	如何判断和处理立磨堵料	171
2.28	生料易磨性和喂料速率对立磨运行有何影响	173
2.29	使用立磨粉磨矿渣粉应如何控制	174
2.30	影响立磨产质量的因素有哪些	177
2.31	打散机如何操作和维护	180
2.32	辊压机发展概况	181
2.33	辊压球磨水泥粉磨系统启动前应做哪些准备	182
2.34	辊压球磨水泥粉磨系统如何进行启动与停车操作	184
2.35	辊压球磨水泥粉磨系统试生产中应注意哪些事项	190
2.36	辊压机使用应注意的事项	195
2.37	辊压机使用中常见的工艺问题及解决方法	196
2.38	辊压机使用中常见故障及解决方法	199
2.39	辊压机振动是何原因,如何解决	202
2.40	如何解决辊压机冲料的问题	205
2.41	一则处理辊压机浮动辊倾斜问题的经验	207

3 回转窑

I 回转窑设备与原理 211

3.1	低斜度高转速预分解窑有何好处	211
3.2	预分解窑与其他回转窑相比有何特点	212
3.3	无烟煤在预分解窑内燃烧速度受什么因素控制	213
3.4	煅烧无烟煤的预分解窑系统设计上应注意什么	214
3.5	何为煤粉的燃尽时间和燃尽度	215
3.6	煤粉制备系统布置在窑头和窑尾各有何优缺点	216
3.7	如何计算物料在回转窑内的停留时间	217
3.8	水泥回转窑耐火材料使用注意事项	217

3.9	回转窑耐火砖有何作用,对耐火砖有何要求	219
3.10	窑用耐火材料的选用原则	220
3.11	如何保护回转窑烧成带的耐火砖	222
3.12	耐火浇注料施工中应注意的事项	224
3.13	如何防止水泥窑用耐火浇注料爆裂	225
3.14	预分解窑内耐火材料配置示例	227
3.15	三次风管高温调节阀在操作控制中的故障与对策	227
3.16	使用空气炮有何利弊	230
3.17	窑尾翻料的应对措施	231
3.18	预分解窑可望达到的理想产量是多少	231
3.19	预分解窑系统内的挥发性组分如何分布	232
3.20	预分解窑系统熟料热耗构成	240
II	回转窑煅烧操作	242
3.21	预分解窑热工制度对熟料质量有何影响	242
3.22	对预分解窑看火操作的具体要求是什么	244
3.23	回转窑操作应注意哪些事项	245
3.24	预分解窑操作过程中应注意哪些事项	245
3.25	预分解窑试生产前应做哪些准备工作	246
3.26	预分解窑新窑烘干操作如何进行	249
3.27	预分解窑煤粉制备系统如何进行试生产	253
3.28	预分解窑煤粉制备系统的操作方法	254
3.29	预分解窑煤粉细度的控制原则是什么	257
3.30	预分解窑喂煤有何特点	258
3.31	预分解窑煅烧劣质煤应采用什么技术措施	259
3.32	预分解窑点火投料前应做好哪些准备工作	262
3.33	新型干法窑点火投料时应注意什么	263
3.34	预分解窑点火投料操作要点是什么	263
3.35	预分解窑点火时如何控制系统温度和操作废气系统	266
3.36	预分解窑首次点火及挂窑皮应如何操作	267
3.37	预分解窑开窑挂窑皮前应注意哪些问题	269
3.38	预分解窑升温投料时如何操作与控制	270
3.39	预分解窑操作有何特点	273
3.40	预分解窑系统的操作目标是什么	275
3.41	预分解窑操作中常见的问题及原因	275
3.42	预分解窑操作中调整控制变量,控制参数会如何变化	280
3.43	预分解窑操作中应根据什么分配窑和分解炉的用煤量	281

-
- 3.44 回转窑操作中为何要控制窑尾废气含氧量 282
 - 3.45 预分解窑操作为何要尽快跳过低产量的塌料危险区 283
 - 3.46 预分解窑如何进行看火操作 283
 - 3.47 回转窑 27 种窑况的调控策略 285
 - 3.48 预分解窑如何进行止料操作 291
 - 3.49 如何调节回转窑的火焰 291
 - 3.50 分解窑控制熟料游离氧化钙含量应如何操作 292
 - 3.51 对于高氯生料预分解窑应如何操作 294
 - 3.52 窑头粉料太多,想观察熟料结粒和窑皮时应如何操作 295
 - 3.53 预分解窑百分百烧无烟煤的操作技术 295
 - 3.54 预分解窑烧成带物料过烧时应如何操作 299
 - 3.55 预分解窑系统因故障停车时应如何操作 299
 - 3.56 预分解窑系统在正常情况下如何进行生产操作 301
 - 3.57 预分解窑最重要的控制参数和控制变量是什么 305
 - 3.58 预热器系统产生塌料后应如何操作 306
 - 3.59 预分解窑几种不同窑况分析与调整 307
 - 3.60 回转窑来料不稳时如何操作 308
 - 3.61 短时停窑时窑头如何保温 308
 - 3.62 预分解窑产生欠烧料的原因及处理 309
 - 3.63 预分解窑结蛋时应如何预防和处理 311
 - 3.64 预分解窑电流变化时应如何操作 312
 - 3.65 预分解窑红窑的现象、原因及处理 313
 - 3.66 回转窑因雷雨停转变形,如何调整 314
 - 3.67 预分解窑内结圈的现象、原因及处理 315
 - 3.68 预分解窑内前圈或后圈脱落后应如何操作 318
 - 3.69 预分解窑烧成带温度偏高偏低是何原因 318
 - 3.70 预分解窑烟室结皮的现象、原因及处理 319
 - 3.71 预热器分解炉堵塞时的现象、原因和处理 320
 - 3.72 离线型分解窑如何快速点炉 322
 - 3.73 如何判断预分解窑烧成带温度高低 323
 - 3.74 预分解窑产生飞砂料的现象、原因及处理 325
 - 3.75 预分解窑为何要保持最佳投料量 326
 - 3.76 预分解窑应如何使用防堵吹风装置 327
 - 3.77 窑和分解炉风量应如何合理分配 327
 - 3.78 如何根据窑驱动电流判断预分解窑工况 327
 - 3.79 为何要求预分解窑内各带分区要清楚 329

3.80	预分解窑煅烧三高率值配料方案时应采取何措施	330
3.81	预分解窑煅烧中热水泥熟料应注意哪些问题	332
3.82	如何用预分解窑煅烧硫铝酸盐水泥熟料	335
3.83	预分解窑煅烧劣质煤有何不利影响,如何解决	338
3.84	煤质对预分解窑煅烧有何影响	340
3.85	预分解窑控制窑尾 CO 和氧含量有何意义	340
3.86	预分解窑使用钢渣配料易出现何问题,如何解决	341
3.87	一则预分解窑煅烧白水泥熟料的经验	344
3.88	预分解窑分解炉的调控	345
3.89	如何调整压缩空气防堵吹扫装置的吹扫时间	347
3.90	如何控制各旋风筒及窑尾负压和温度	348
3.91	预分解窑二次风温偏高或偏低是何原因	349
3.92	预分解窑回灰系统应如何控制调节	350
3.93	预分解窑生料均化及入窑系统应如何操作和控制	351
3.94	生产中如何操作控制 TP 型生料均化库	352
3.95	为何要正确分配二、三次风的比例	352
3.96	如何判断预分解窑内风量是否合适	353
3.97	如何平衡调节回转窑和分解炉的风量	354
3.98	预热器系统的撒料板有何作用,应如何调节	354
3.99	预热器系统排灰阀平衡杆角度应如何调整	355
3.100	预分解窑工艺管理有何作用	355
III 预热预分解系统		357
3.101	如何稳定预分解窑 C1 筒出口温度和压力	357
3.102	影响 C1 筒出口废气温度的因素有哪些	357
3.103	预分解窑窑尾和预分解系统温度偏高或偏低是何原因	358
3.104	旋风预热器各级温差通常是多少	359
3.105	旋风筒分离效率对预热器系统运行有何影响	360
3.106	预分解窑预热器堵料是何原因,如何处理	361
3.107	如何预防预热器堵塞	365
3.108	投料初期预分解系统堵塞的原因和预防措施	367
3.109	为何有的预热器只有人为漏风才不易堵塞	371
3.110	预热器有哪几种不同原因的堵塞	372
3.111	预热预分解系统用风有何特点	373
3.112	使用无烟煤分解炉喂料点和喂煤点的位置应如何优化	374
3.113	RSP 型分解炉与其他炉型相比具有哪些特点	375

IV 熟料冷却机 377

- 3.114 冷却机主要任务和工艺特性是什么 377
- 3.115 预分解窑点火时如何操作冷却机 378
- 3.116 如何操作调整单筒冷却机的转速 379
- 3.117 新型多筒冷却机的发展概况 379
- 3.118 新型多筒冷却机工作原理是什么 380
- 3.119 如何计算篦式冷却机输送能力 381
- 3.120 篦式冷却机的发展概况 381
- 3.121 降低水泥熟料篦冷机维护成本的途径 382
- 3.122 IKN 悬摆式冷却机有何特点 385
- 3.123 篦式冷却机在操作中应控制什么 387
- 3.124 篦式冷却机的调控 389
- 3.125 篦式冷却机应如何操作和调整 390
- 3.126 如何控制篦式冷却机的风量 391
- 3.127 篦冷机为何会出现结壁现象,如何解决 391
- 3.128 篦冷机堆“雪人”常见的原因及处理措施 392
- 3.129 篦式冷却机为何要采用高阻力篦板 393
- 3.130 篦式冷却机运行操作和维护中需注意哪些问题 393
- 3.131 各代篦式冷却机篦板如何设计 395
- 3.132 篦冷机篦板篦缝堵塞的原因及处理 397
- 3.133 各代篦式冷却机进口如何设计 399
- 3.134 冷却机热端防“雪人”推料装置 400

V 燃烧器 402

- 3.135 预分解窑的燃烧器应满足哪些要求 402
- 3.136 预分解窑燃烧器如何定位 402
- 3.137 多通道燃烧器操作时应注意哪些问题 403
- 3.138 如何操作预分解窑四通道煤粉燃烧器 404
- 3.139 预分解窑三通道燃烧器烧损的原因与对策 406
- 3.140 燃烧器浇注料如何进行浇注施工 407
- 3.141 燃烧器浇注料损毁是何原因,如何解决 409
- 3.142 如何选用输送煤粉的风机 412
- 3.143 如何根据筒体扫描温度判断燃烧器的位置 412
- 3.144 如何延长燃烧器浇注料的寿命 414

VI 余热发电 415

- 3.145 中国水泥窑余热发电技术发展概况 415

3.146	常规余热发电系统分类与对比	416
3.147	几种不同窑型的余热发电技术简介	420
3.148	如何区分余热发电的第一代和第二代技术	425
3.149	水泥工业纯低温余热发电的主要技术经济指标	426
3.150	什么是有机朗肯循环余热发电	427
3.151	什么是卡林纳循环低湿余热发电系统	428
3.152	实现水泥熟料生产电能零消耗的途径有哪些	429
3.153	水泥厂实际余热发电功率为何常常达不到设计发电功率	430
3.154	窑尾余热锅炉布置方式有几种	432
3.155	窑尾余热锅炉清灰有几种方式	433
3.156	余热发电系统用水为何要除氧,有几种除氧方式	433
3.157	余热利用率、热效率计算公式	434
3.158	立式锅炉堵灰和爆管原因及对策	435

4 其他

4.1	出磨生料取样为何要特别注重定时	443
4.2	何为电石渣,它有哪些利用途径	443
4.3	电石渣浆如何进行压滤	448
4.4	采用电石渣配料的生料有何特性	449
4.5	预分解窑使用电石渣,应如何解决烘干问题	449
4.6	煤的工艺性质	450
4.7	煤的化学组成	453
4.8	煤的物理性质	455
4.9	什么是漂珠	456
4.10	哪些因素对水泥组分测定影响较大	456
4.11	如何简易快速测定水泥密度	458
4.12	如何解决水泥编织袋的问题	460
4.13	水泥厂设备润滑操作中的误区	463
4.14	一则窑尾电收尘器的操作经验	464
4.15	如何延长斜坡皮带的使用寿命	467
4.16	水泥厂设备如何节电	469
4.17	什么是清洁发展机制(CDM)	471
4.18	开发清洁发展机制项目需关注的一些关键问题	471
4.19	如何进行 CDM 项目的自我初评估	473
4.20	CDM 项目运作的基本规则和流程	474

- 4.21 CDM 规定减排的温室气体 477
- 4.22 清洁发展机制(CDM)项目的交易成本 478
- 4.23 CDM 的交易程序 479
- 4.24 如何根据成球用水量计算立窑的产量 482
- 4.25 缩短立窑高温带长度为何可降低熟料热耗 483
- 参考文献** 485

1 水泥与熟料化学

1.1 水泥简史

水泥的英文“cement”一词由拉丁文“caementum”发展而来,是碎石及片石的意思。水泥的历史最早可追溯到古罗马人在建筑中使用的石灰与火山灰的混合物,这种混合物与现代的石灰火山灰水泥很相似,用它胶结碎石制成的混凝土,硬化后不但强度较高,而且还能抵抗淡水或含盐水的侵蚀。长期以来,水泥作为一种重要的胶凝材料,广泛应用于建筑工程。

1756年,英国工程师史密顿在研究某些石灰在水中硬化的特性时发现:要获得水硬性石灰,必须采用含有黏土的石灰石来烧制;用于水下建筑的砌筑砂浆,最理想的成分是由水硬性石灰和火山灰配成。这个重要的发现为近代水泥的研制和发展奠定了理论基础。

1796年,英国人J. 帕克用泥灰岩烧制出了一种水泥,外观呈棕色,很像古罗马时代的石灰和火山灰混合物,命名为罗马水泥。因为它是采用天然泥灰岩作原料,不经配料直接烧制而成的,故又名天然水泥。这种水泥具有良好的水硬性和快凝特性,特别适用于与水接触的工程。

1811年,詹姆斯·佛劳斯特最早用石灰石、黏土按一定比例配合烧制水泥,取名为佛劳斯特水泥。

1813年,法国土木技师毕加发现石灰和黏土按3:1混合制成的水泥性能最好。

1818年,美国人坎维斯·怀特首先取得了用天然岩石制造水泥的专利权。

1824年,英国建筑工人J. 亚斯普丁取得了波特兰水泥的专利权。他用石灰石和黏土为原料,按一定比例配合后,在类似于烧石灰的立窑内煅烧成熟料,再经磨细制成水泥。因水泥硬化后的颜色与英格兰岛上波特兰用于建筑的石头相似,故被命名为波特兰水泥。它具有优良的建筑性能,在水泥史上具有划时代意义。

1826年,世界上第一台立窑诞生。

1848年,法国人埃比尔曼制出了高铝水泥。

1858年,颚式破碎机问世。

1868年,德国学者米哈依利斯提出了水硬系数表达式。

1871年,日本开始建造水泥厂。

1876年,出现了连续操作带筛子的球磨机。

1877年,英国人克兰谱顿取得了用回转窑烧制水泥的专利权。