

建材行业特有工种职业技能培训教材

SHUINI ZHONGKONG
CAOZUOYUAN

水泥中控操作员

主 编 赵晓东
乌洪杰
副主编 赵鹏博

中国建材工业出版社

建材行业特有工种职业技能培训教材

水泥中控操作员

主 编 赵晓东 乌洪杰

副主编 赵鹏博

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水泥中控操作员/赵晓东, 乌洪杰主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2014. 2

建材行业特有工种职业技能培训教材

ISBN 978-7-5160-0666-5

I. ①水… II. ①赵…②乌… III. ①水泥-控制设备-操作-技术培训-教材 IV. ①TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 292299 号

内 容 简 介

本教材是“重庆市高等教育学会 2013—2014 年高等教育科学研究课题 (项目名称: 高职院校与企业合作长效机制的研究; 项目编号: CQGJ13C767)”的阶段性研究成果。全书由水泥生产工艺技术、仪表、电气与自动控制、生料制备操作技术、煤粉制备操作技术、熟料煅烧操作技术、水泥制成操作技术等 7 个项目及 47 个相应工作任务组成, 比较详细地介绍了新型干法水泥企业的生产工艺流程、主要设备、主要控制参数、正常开车及停车、紧急停车、正常操作控制、常见生产故障及处理等方面的知识技能, 构建了以职业能力为核心、以工作项目任务为框架的课程内容体系, 是“建材行业特有工种职业技能培训教材”系列丛书中的一本, 主要用于水泥中控操作员这一工种的职业技能培训, 也可以作为高职高专院校、中等职业学校的硅酸盐工程专业、材料工程技术专业、无机非金属材料等专业的教材, 也可作为新型干法水泥企业员工的培训教材。

水泥中控操作员

赵晓东 乌洪杰 主编

赵鹏博 副主编

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: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 28.75

字 数: 714 千字

版 次: 2014 年 2 月第 1 版

印 次: 2014 年 2 月第 1 次

定 价: 75.00 元

本社网址: www.jcbs.com.cn 微信公众号: zgjcgycbs

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) 88386906

前言

2006—2010年的“十一五”期间,我国水泥总量由12.04亿吨增加到18.68亿吨,年增长率平均达到11.62%;分解窑生产的熟料总量由2.10亿吨增加到8.18亿吨,年增长率平均达到11.03%;2011年分解窑生产的熟料总量达到9.6亿吨,占熟料总量的75%;2012年分解窑生产的水泥总量达到16.92亿吨,占水泥总量的77%。这些数字充分说明,新型干法水泥企业具有强大的生命力,代表水泥企业的发展方向。

随着新型干法水泥生产新工艺、新技术、新装备的更新换代,随着水泥中控操作技术的飞跃式发展,原有的教材已不能满足特有工种(水泥中控操作员)职业培训及高职教育的要求。为满足建材行业特有工种职业技能培训以及高职院校硅酸盐工程专业、材料工程技术专业、无机非金属材料等专业的职业技术教育的要求,满足新型干法水泥企业的用人需求,尤其是对中控操作员的需求,编者组织编写了这本教材。

本教材从水泥中控操作员的实际工作过程入手,以职业岗位工作内容为基础,以职业技能培养为核心,以工学结合为原则,遵循职业能力培养的基本规律,重新整合、序化教学内容,构建了以职业能力为核心、以工作项目任务为框架的课程内容体系。

本教材是“重庆市高等教育学会2013—2014年高等教育科学研究课题(项目名称:高职院校与企业合作长效机制的研究;项目编号:CQGJ13C767)”的阶段研究成果。全书由水泥生产工艺技术、仪表、电气与自动控制、生料制备操作技术、煤粉制备操作技术、熟料煅烧操作技术、水泥制成操作技术等7个项目及47个工作任务组成,比较详细地介绍了新型干法水泥企业的生产工艺流程、主要设备、主要控制参数、正常开车及停车、紧急停车、正常操作控制、常见生产故障及处理等方面的知识技能,是“建材行业特有工种职业技能培训教材”系列丛书中的一本,主要用于水泥中控操作员这一工种的职业技能培训,也可以作为高职高专院校、中等职业院校硅酸盐工程专业、材料工程技术专业、无机非金属材料等专业的教材,也可作为新型干法水泥企业员工的培训教材。

在编写过程中,编者力求突出以下三方面的特色:

- (1) 对传统教材的体系内容进行优化组合,内容新,重点突出,具有很好的适用性。
- (2) 根据新型干法水泥企业中控操作员岗位所必备的专业知识和技能来设置教材内容,具有很好的实用性。
- (3) 大量选取新型干法水泥企业的典型生产个案,突出职业技能核心,具有很好的针对性。

本书由重庆电子工程职业学院的赵晓东、乌洪杰任主编,湘潭大学的赵鹏博任副主编。在本书的编写过程中,编者参考了海螺水泥集团、冀东水泥集团、拉法基水泥有限公司等单位有关水泥专家及兄弟院校同仁的著作和论文,在此特向他们表示诚挚的感谢!

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免有疏漏和错误之处,希望广大读者、水泥业界的专家及同仁提出宝贵意见。

编者
2013年10月



中国建材工业出版社
China Building Materials Press

我们提供

图书出版、图书广告宣传、企业/个人定向出版、设计业务、企业内刊等外包、
代选代购图书、团体用书、会议、培训，其他深度合作等优质高效服务。

编辑部
010-88385207

图书广告
010-68361706

出版咨询
010-68343948

图书销售
010-68001605

设计业务
010-88376510转1008

邮箱 : jccbs-zbs@163.com

网址 : www.jccbs.com.cn

发展出版传媒 服务经济建设

传播科技进步 满足社会需求

(版权专有，盗版必究。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。举报电话：010-68343948)

目 录

项目 1 水泥生产工艺技术	1
任务 1 硅酸盐水泥的生产技术	1
1.1 硅酸盐水泥生产概述	1
1.2 硅酸盐水泥的生产方法	3
1.3 新型干法水泥生产	4
1.4 硅酸盐水泥熟料的组成	6
1.5 硅酸盐水泥熟料的率值	9
1.6 熟料矿物组成的计算与换算	10
任务 2 原料及预均化技术	12
2.1 石灰质原料	12
2.2 黏土质原料	14
2.3 生产水泥的校正原料	15
2.4 燃料	15
2.5 低品位原料和工业废渣的利用	16
2.6 矿山开采	17
2.7 原料破碎与烘干、输送与储存	19
2.8 原料的预均化	22
任务 3 生料制备技术	25
3.1 配料方案的设计	26
3.2 配料计算	27
3.3 尝试拼凑法	29
3.4 递减试凑法	33
3.5 生料粉磨工艺	36
任务 4 生料均化技术	40
4.1 生料的均化	41
4.2 间歇式均化库	44
4.3 连续式均化库	45
4.4 连续式混合室均化库	47
4.5 多料流式均化库	47
4.6 典型生料均化库的性能对比	52
4.7 生料均化的工艺技术	52
4.8 提高生料均化效果的途径	55
任务 5 煤粉制备技术	58
5.1 燃料煤的种类	58

5.2	煤的组成及分析	58
5.3	回转窑对燃煤的质量要求	60
5.4	煤粉制备系统的分类	61
5.5	风扫煤磨系统	62
5.6	立式煤磨系统	62
5.7	系统安全运行	64
任务 6	熟料煅烧技术	68
6.1	煅烧过程发生的物理化学变化	69
6.2	熟料形成热	76
任务 7	水泥粉磨技术	78
7.1	水泥粉磨的目的及要求	78
7.2	水泥粉磨技术特点	79
7.3	磨制水泥的材料及配合比	79
7.4	球磨机粉磨工艺	81
7.5	立磨粉磨工艺	83
7.6	挤压粉磨技术	85
7.7	水泥的储存与发运	87
项目 2	仪表	94
任务 1	温度测试仪表	94
1.1	热电偶温度计	94
1.2	热电阻温度计	97
1.3	比色高温计	99
1.4	窑筒体扫描仪	100
1.5	便携式测温仪的测温原理	100
任务 2	压力仪表	101
2.1	压力的概念及分类	101
2.2	压力表的测量原理	101
2.3	测定压力的生产意义	102
2.4	压力仪表的选择	102
2.5	测压点的选取	102
2.6	铺设导压管的技术要求	103
2.7	安装压力表的技术要求	103
2.8	压力变送器零点漂移的判断及标定	103
2.9	压力表的常见故障原因及处理	103
2.10	差压变送器正常工作的判定	104
2.11	保持电容式压力传感器输入与输出呈线性关系	104
任务 3	流量仪表	104
3.1	流量的概念及流量表示法	104
3.2	新型干法水泥企业常用的流体计量仪表	104

3.3	新型干法水泥企业常用的固体计量设备	105
3.4	定量给料机	106
3.5	电子皮带秤	107
3.6	科立奥利计量秤	109
3.7	环状天平计秤	110
3.8	转子喂料秤	111
3.9	失重计量秤	112
3.10	核子秤的工作原理及技术特点	113
3.11	电磁振荡喂料机	113
3.12	溜槽型固体流量计	114
3.13	冲板流量计	114
3.14	菲斯特秤	115
3.15	仓式秤的维护事项	117
3.16	轨道衡容易遭雷击损坏	117
任务4	料位计	117
4.1	电容式料位计	118
4.2	阻旋式料位计	118
4.3	超声波料位计	118
4.4	雷达料位计	119
4.5	重锤式料位计	119
4.6	称重式料位计	119
4.7	膜片开关	120
4.8	音叉式料位开关	120
4.9	电容料位开关经常出现的故障	120
4.10	测量料位的生产意义	120
任务5	化学分析仪	121
5.1	气体分析仪	121
5.2	高温气体分析仪的维护注意事项	122
5.3	烟气粉尘在线监测仪的用途及维护	123
5.4	X射线荧光分析仪	123
5.5	γ 射线在线分析仪的操作与维护	124
项目3	电气与自动控制	126
任务1	电动机	126
1.1	电动机的分类	126
1.2	电机控制的方法	127
1.3	电动机的故障	128
1.4	电动机的维护及保养	130
1.5	高压电动机	130
1.6	变频电动机	132

1.7 直流电动机	133
任务2 DCS与PLC	134
2.1 DCS系统	134
2.2 PLC	151
2.3 提高PLC系统可靠性的措施	153
2.4 DCS和PLC的区别	156
2.5 整定PID控制器的参数	157
2.6 现场总线技术FCS	158
2.7 PCS7系统的主要特点	158
任务3 水泥生产企业自动控制系统	159
3.1 自动调节系统的组成	159
3.2 自动控制系统的组成	159
3.3 生料制备系统	159
3.4 煤粉制备系统	160
3.5 熟料煅烧系统	160
3.6 水泥制成系统	161
任务4 电气故障及处理	162
4.1 电源故障及处理	162
4.2 现场站CPU突然断电的处理	162
4.3 UPS电源的作用	162
4.4 数字量信号故障及处理	162
4.5 模拟量信号故障及处理	163
4.6 电气连锁出现的故障及处理	163
4.7 自动报警及报警死区的故障及处理	164
4.8 高温风机突然跳停的电气故障及处理	164
4.9 窑系统常见的电气故障及处理	164
项目4 生料制备操作技术	168
任务1 生料中卸磨系统的工艺流程及设备	168
1.1 中卸磨系统的工艺流程	168
1.2 中卸磨系统的主要设备	169
任务2 生料中卸磨系统的操作	177
2.1 中卸磨系统开停车操作	177
2.2 生料中卸磨的正常操作	180
任务3 生料中卸磨系统的常见故障及处理	182
3.1 饱磨	182
3.2 糊球及包球	183
3.3 磨头吐料	184
3.4 磨音异常	184
3.5 研磨体窜仓	185

3.6	选粉机故障	185
3.7	提升机故障	186
3.8	中控和现场显示不一致	187
3.9	磨机跳停	187
3.10	磨机压力异常	188
3.11	磨机温度异常	188
任务 4	生料立磨系统的工艺流程及设备	188
4.1	立磨系统的工艺流程	188
4.2	立磨的结构	189
4.3	立磨的种类	190
4.4	立磨的粉磨原理	191
任务 5	生料立磨系统的操作	192
5.1	立磨系统开停车操作	192
5.2	立磨的正常操作	195
5.3	立磨系统的优化操作	198
任务 6	生料立磨系统的常见故障及处理	202
6.1	磨机振动的原因及处理	202
6.2	生料细度跑粗的原因及处理	203
6.3	锁风阀堵塞的原因及处理	204
6.4	液压张紧系统的故障	205
6.5	磨辊漏油和轴承损坏	206
6.6	磨机堵料	207
6.7	选粉机塌料	208
6.8	磨机压力异常	208
6.9	磨机粉磨异常	209
6.10	磨辊张紧压力下降	209
6.11	磨辊密封风压下降	209
6.12	磨机排渣量过多	209
任务 7	生料制备系统的生产实践	210
7.1	生料中卸磨的中控操作	210
7.2	生料立磨的中控操作	214
7.3	生料中卸磨达标达产的典型案例分析	219
项目 5	煤粉制备操作技术	224
任务 1	煤粉系统的工艺流程及设备	224
1.1	风扫磨系统的工艺流程	224
1.2	风扫磨的构造	225
1.3	选粉机	227
1.4	收尘设备	228
1.5	防止煤粉制备系统发生燃烧爆炸事故的措施	228

任务 2	煤粉风扫磨系统的操作	229
2.1	风扫磨系统的开停车操作	230
2.2	风扫磨系统的正常操作	231
任务 3	煤粉风扫磨系统的常见故障及处理	233
3.1	常见的生产故障及处理	233
3.2	常见的煤粉质量故障及处理	237
任务 4	煤粉立磨系统的工艺流程及设备	237
4.1	立磨系统的工艺流程	238
4.2	立磨的结构	239
4.3	立磨的粉磨原理	244
任务 5	煤粉立磨系统的操作	244
5.1	立磨系统开停车操作	244
5.2	立磨的正常操作	246
任务 6	煤粉立磨系统的常见故障及处理	248
6.1	皮带机	248
6.2	堆料机及取料机	249
6.3	煤磨系统	250
任务 7	粉磨制备系统的生产实践	252
7.1	煤粉风扫磨的中控操作指导书	252
7.2	煤粉立磨操作实例	260
7.3	保证煤粉制备系统安全生产的典型案列	268
项目 6	熟料煅烧操作技术	272
任务 1	新型干法水泥熟料煅烧工艺及设备	272
1.1	新型干法水泥熟料煅烧工艺流程	272
1.2	新型干法水泥熟料煅烧系统的主要设备	273
任务 2	预热器系统的操作控制	283
2.1	撒料板角度的调节	283
2.2	锁风翻板阀平衡杆角度及其配重的调整	284
2.3	压缩空气喷吹时间的调整	284
2.4	发生堵塞时的征兆	284
2.5	容易发生堵塞的部位	285
2.6	发生堵塞种类及原因	285
2.7	处理堵塞的操作	286
2.8	影响结皮的因素	286
2.9	预防结皮与堵塞的措施	286
2.10	预热器的塌料原因	287
2.11	预热器系统塌料的处理	288
任务 3	分解炉的操作控制	288
3.1	分解炉的热工特性	288

3.2	分解炉的操作控制	290
任务4	多风道煤粉燃烧器的操作控制	293
4.1	多风道煤粉燃烧器的方位调节	293
4.2	多风道燃烧器的操作调节	294
4.3	燃烧器常见故障及处理	295
4.4	提高燃烧器浇注料使用周期的措施	297
任务5	篦式冷却机的操作控制	298
5.1	篦式冷却机的种类	298
5.2	第三代篦冷机的操作控制	300
5.3	第四代篦冷机的操作控制	303
任务6	预分解窑的操作控制	307
6.1	主要操作控制参数	307
6.2	风、煤、料及窑速的调节控制	311
6.3	预分解窑温度的调节控制	313
6.4	预分解窑熟料游离氧化钙的控制	318
任务7	点火投料操作	324
7.1	开窑点火前的准备	324
7.2	试车	324
7.3	烘窑	325
7.4	点火升温操作	325
7.5	投料	326
7.6	点火中的不正常现象及处理	327
7.7	临时停窑升温操作	327
7.8	紧急停窑操作	327
7.9	计划停窑操作	328
任务8	预分解窑特殊窑情的处理	329
8.1	预分解窑的结圈	329
8.2	飞砂料	332
8.3	预分解窑内结球	333
8.4	篦冷机堆“雪人”	334
8.5	预分解窑产生黄心料的原因及处理	335
任务9	新建预分解窑的试生产实践操作	338
9.1	点火烘窑的技术操作	339
9.2	投料试运行	342
9.3	正常操作	345
项目7	水泥制成操作技术	359
任务1	水泥球磨机粉磨系统的工艺流程及设备	359
1.1	水泥球磨机粉磨系统的工艺流程	359
1.2	水泥球磨机粉磨系统的主要设备	360

任务 2 水泥球磨机粉磨系统的操作	362
2.1 水泥球磨机粉磨系统的开停车操作	363
2.2 水泥球磨机系统的正常操作控制	366
任务 3 水泥球磨机系统的常见故障及处理	368
3.1 水泥球磨机喂料量异常	369
3.2 磨机系统压力异常	369
3.3 磨机系统温度异常	370
3.4 电流异常	372
3.5 回磨粗粉量异常	373
3.6 水泥细度异常	374
3.7 设备故障	374
任务 4 带辊压机的水泥粉磨工艺及设备	378
4.1 带辊压机的水泥粉磨工艺系统	378
4.2 辊压机水泥粉磨系统的主要设备	381
任务 5 辊压机水泥粉磨系统的操作	385
5.1 辊压机系统的开车及停车操作	385
5.2 水泥粉磨系统的启动	387
5.3 辊压机水泥粉磨系统的正常操作控制	393
任务 6 辊压机水泥粉磨系统的常见故障及处理	395
6.1 辊压机辊缝异常	395
6.2 辊压机轴承温度异常	396
6.3 辊压机电流异常	396
6.4 辊压机进出料异常	397
6.5 辊压机振动偏大	398
6.6 辊压机跳停	398
6.7 辊压机及磨机的润滑系统故障	398
6.8 辊压机挤压效果差	399
6.9 辊压机侧挡板磨损严重	399
6.10 辊压机动辊及静辊的辊面磨损严重	400
6.11 辊压机工作压力值低, 运行电流低	400
6.12 高效选粉机循环负荷率偏大	401
6.13 水泥磨机研磨体做功能力差	401
6.14 打散分级效果差	402
6.15 V 型选粉机分选效果差	403
6.16 水泥粉磨系统常见的故障及处理	403
任务 7 水泥立磨终粉磨技术	403
7.1 水泥立磨终粉磨技术代表水泥粉磨工艺的发展方向	404
7.2 立磨粉磨水泥存在的问题	404
7.3 稳定料床的措施	405

7.4	改善水泥颗粒级配的措施	406
7.5	水泥立磨终粉磨的应用	407
任务 8	水泥制成系统的生产实践	410
8.1	$\phi 4.0\text{m} \times 12\text{m}$ 水泥球磨机粉磨系统的中控操作控制	410
8.2	联合水泥粉磨的试生产操作	420
8.3	水泥球磨机的研磨体及配球应用	431
8.4	矿渣立磨的操作控制	438
参考文献		445

项目1 水泥生产工艺技术

项目描述：本项目的具体任务是掌握硅酸盐水泥的生产技术；掌握生产水泥的原料及预均化技术；掌握生料制备技术及生料均化技术；掌握煤粉制备技术；掌握熟料煅烧技术；掌握水泥粉磨技术。

任务1 硅酸盐水泥的生产技术

任务描述：熟悉新型干法水泥生产的工艺流程；熟悉硅酸盐水泥熟料化学组成、矿物组成及率值之间的换算关系。

知识目标：掌握硅酸盐水泥生产技术要求；掌握硅酸盐水泥熟料化学组成、矿物组成及率值之间的换算关系。

能力目标：掌握新型干法水泥生产的工艺流程；掌握新型干法水泥生产的技术特点。

1.1 硅酸盐水泥生产概述

凡由硅酸盐水泥熟料，0~5%石灰石或粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料，称为硅酸盐水泥，国外通称“波特兰水泥”。

硅酸盐水泥分为两种类型：粉磨硅酸盐水泥时，不掺加任何混合材料的称为Ⅰ型硅酸盐水泥，代号为P·Ⅰ；粉磨硅酸盐水泥时，掺加不超过水泥质量5%的石灰石或粒化高炉矿渣等混合材料的称为Ⅱ型硅酸盐水泥，代号为P·Ⅱ。

1.1.1 硅酸盐水泥熟料

凡以适当成分的生料烧至部分熔融，所得以硅酸钙为主要成分的产物称为硅酸盐水泥熟料（简称熟料）。

水泥熟料是各种硅酸盐水泥的主要组成材料，其质量的好坏直接影响到水泥产品的性能与质量优劣。

1.1.2 混合材料

混合材料是指在粉磨水泥时与熟料、石膏一起加入磨内用以改善水泥性能、调节水泥强度等级、提高水泥产量的矿物质材料，如粒化高炉矿渣、粉煤灰等。

根据混合材料的性质及其在水泥水化过程中所起的作用，混合材料分为活性混合材料和非活性混合材料两大类。

1.1.3 石膏

石膏用作缓凝剂，其作用是调节水泥的凝结时间。适量石膏可以延缓水泥的凝结时间，同时也可提高水泥的强度；石膏一般用天然二水石膏，也可用硬石膏（天然无水石膏）或工业副产石膏。采用工业副产石膏时，应经过试验证明对水泥性能无害。

1.1.4 硅酸盐水泥生产技术要求

技术要求即品质指标，是衡量水泥品质及保证水泥质量的重要依据。水泥质量可以通过

化学指标和物理指标加以控制和评定。

水泥的化学指标主要是控制水泥中有害成分不超过一定限量，若超过了最大允许限量，即意味着对水泥性能的质量可能产生有害的或潜在有害的影响。

水泥的物理指标主要是保证水泥具有一定的物理性能，满足水泥使用要求，保证工程质量。

硅酸盐水泥技术指标主要有不溶物、烧失量、细度、凝结时间、安定性、氧化镁含量、三氧化硫含量、碱含量及强度指标。

(1) 不溶物

不溶物是指水泥经酸和碱处理，不能被溶解的残留物。其主要成分是结晶 SiO_2 ，其次是 R_2O_3 （指 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 ），是水泥中的非活性组分之一。

I 型硅酸盐水泥中不溶物不得超过 0.75%，II 型硅酸盐水泥中不溶物不得超过 1.5%。

(2) 烧失量

烧失量是指水泥在 950~1000℃ 高温下煅烧失去的质量百分数。P·I 型硅酸盐水泥中烧失量不得大于 3.0%。P·II 型硅酸盐水泥中烧失量不得大于 3.5%。普通硅酸盐水泥中烧失量不得大于 5.0%。

(3) 细度

细度即水泥的粗细程度，通常用比表面积或筛余百分数表示。水泥细度过粗，不利于水泥活性的发挥；而细度过细时需水量增加，粉磨电耗增加。硅酸盐水泥比表面积大于 $300\text{m}^2/\text{kg}$ ，其他水泥的细度控制 $80\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不得超过 10.0%。

(4) 凝结时间

水泥凝结时间是水泥从加水开始到失去流动性，从可塑状态发展到固体状态所需要的时间，凝结时间分初凝时间和终凝时间。

初凝时间：水泥从加水开始到标准稠度净浆失去流动性并开始失去塑性的时间；

终凝时间：水泥从加水开始到标准稠度净浆完全失去塑性，开始产生机械强度的时间。

硅酸盐水泥初凝时间不得早于 45min，终凝不得迟于 6.5h；普通硅酸盐水泥初凝时间不得早于 45min，终凝不得迟于 10h。

(5) 安定性

硬化水泥浆体体积变化的均匀性称为水泥体积安定性，简称安定性。安定性一般采用雷氏夹或试饼法、沸煮法检验。

若水泥中某些成分的化学反应发生在水泥水化过程中甚至硬化后，产生剧烈而不均匀的体积变化，使建筑物强度明显降低甚至溃裂，这种现象便是水泥安定性不良。引起水泥安定性不良的原因主要是游离氧化钙、氧化镁含量过高或石膏掺量过多。

(6) 氧化镁含量

水泥中氧化镁含量过高时，可能出现游离 MgO 含量过高和方镁石（结晶 MgO ）结晶过大，由于其缓慢的水化和体积膨胀可能使水泥硬化体结构破坏。

游离 MgO 比游离 CaO 更难水化，沸煮法不能检定，必须采用压蒸安定性试验进行检验。硅酸盐水泥中氧化镁的含量不得超过 5.0%，若经压蒸安定性试验合格，则水泥中氧化镁含量允许放宽到 6.0%。

(7) 三氧化硫

水泥中的三氧化硫主要是生产水泥时为调节凝结时间加石膏而带入的。硅酸盐水泥中 SO_3 含量超过 3.5% 后, 强度下降, 膨胀率上升, 可能造成水泥体积安定性不良。因此, 硅酸盐水泥中三氧化硫的含量不得超过 3.5%。

(8) 碱含量

水泥中碱含量过高时, 若集料中含有活性成分, 可能发生碱-集料反应使混凝土破坏。

水泥中碱含量按 $\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$ 计算值来表示。用户要求提供低碱水泥时, 水泥中碱含量不得大于 0.60% 或由供需双方商定。

(9) 强度与强度等级

水泥强度是水泥单位面积上所能承受的外力, 是水泥技术要求中最关键的主要性能指标, 又是设计混凝土配合比的重要依据。水泥强度以不同龄期抗压强度、抗折强度表示。由于水泥强度随时间逐渐增大, 一般称 3d 或 7d 以前的强度为早期强度, 28d 及其后的强度为后期强度。水泥到 28d 时强度已大部分发挥出来, 以后强度增加缓慢。

强度等级是按规定龄期的抗压强度和抗折强度来划分的, 硅酸盐水泥划分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R 六个强度等级, 其中 R 型为早强型水泥, 其早期强度较高。各强度等级水泥的各龄期强度值不得低于表 1.1.1 所列的数值。

表 1.1.1 硅酸盐水泥的强度等级

强度等级	抗压强度 (MPa)		抗折强度 (MPa)	
	3d	28d	3d	28d
42.5	17.0	42.5	3.5	6.5
42.5R	22.0	42.5	4.0	6.5
52.5	23.0	52.5	4.0	7.0
52.5R	27.0	52.5	5.0	7.0
62.5	28.0	62.5	5.0	8.0
62.5R	32.0	62.5	5.5	8.0

(10) 合格品与不合格品

化学指标 (不溶物、烧失量、氧化镁、三氧化硫等)、凝结时间、安定性、强度检验结果符合 GB 175—2007/XG1—2009 标准技术要求的就是合格品。其中任一项不符合标准技术要求的就是不合格品。

1.2 硅酸盐水泥的生产方法

水泥生产方法可简单概括为“两磨一烧”, 即生料粉磨、熟料煅烧、水泥粉磨。原料经破碎后, 按一定比例配合, 经粉磨设备磨细, 得到成分合适、质量均匀的生料; 生料在水泥窑内煅烧至部分熔融, 得到以硅酸钙为主要成分的熟料; 熟料加入适量石膏和混合材, 按一