

国家职业技能鉴定培训教材(之一)

化学检验 (水泥)

HUAXUE JIANYAN

主 编 马 列

副主编 辛志军 韦亮光 赖广辉

中国建材工业出版社

中国标准出版社

化学检验

(水泥)

HUAXUE JIANYAN 化学检验 水泥

中国标准出版社

国家职业技能鉴定培训教材（之一）

化 学 检 验

（水泥）

主 编 马 列

副主编 辛志军 韦亮光 赖广辉

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

化学检验 (水泥) / 马列主编. — 北京: 中国建材工业出版社, 2006. 11

国家职业技能鉴定培训教材 (之一)

ISBN 7-80227-141-X

I. 化... II. 马... III. 水泥—检验—职业技能鉴定—教材 IV. TQ172.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 095580 号

内 容 简 介

本书为国家职业技能鉴定培训系列教材, 内容力求达到国家职业标准中对本专业 (工种) 的知识和技能要求, 适用于水泥厂水泥化学分析工参加初级、中级、高级、技师、高级技师职业技能培训使用。

全书共分为 2 篇。第 1 篇介绍水泥生产基本知识; 第 2 篇介绍水泥化学分析, 从试样分解、溶液配制, 到分析实验、结果处理的各种化学分析全过程的基本原理、操作要点, 误差的来源及消除方法, 能对水泥生产企业分析人员的实际工作起到引导的作用。根据《国家职业标准》的知识要求和技能要求, 以及企业对本工种的实际要求, 增加了仪器分析方法的部分内容。

国家职业技能鉴定培训教材 (之一)

化学检验 (水泥)

主 编 马 列

副主编 辛志军 韦亮光 赖广辉

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: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 59.5

字 数: 1458 千字

版 次: 2006 年 11 月第 1 版

印 次: 2006 年 11 月第 1 次

定 价: 120.00 元 (全套共四册)

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) 88386906

前 言

职业资格证书制度是劳动就业的一项重要内容，也是一种特殊形式的国家考试制度。它是指国家制定的职业技能标准或任职资格条件，通过政府认定的考核鉴定机构，对劳动者的技能水平或职业资格进行客观、公正、科学、规范的评价和鉴定，对合格者授予相应的国家职业资格证书（证书全国有效）。它分为：初级工（国家职业资格五级）、中级工（国家职业资格四级）、高级工（国家职业资格三级）、技师（国家职业资格二级）、高级技师（国家职业资格一级）五个等级。同时，国家劳动和社会保障部部长张左已同志指出：高科技专业人才是人才，高技能人才同样是人才。技术技能型人才是国家的宝贵财富，是科学技术转化为现实生产力的生力军，是生产效率和产品质量的重要保证。我们所建立的初级工、中级工、高级工、技师、高级技师的职业资格证书制度，就是为技术技能型人才铺设的一条成才之路。

我们具有多年的培训实践经验，了解企业职工需要些什么，渴望学到什么，因此，思索着编写了这本书。培训教师可根据培训的对象：初级工、中级工、高级工、技师、高级技师，因人施教，由浅入深，从而达到相应工种等级的知识要求和技能要求（本书附中华人民共和国劳动和社会保障部制定的《国家职业标准》的工作要求）。

本书分为2篇：第1篇介绍水泥生产基本知识；第2篇介绍水泥化学分析，从试样分解、溶液配制，到分析实验、结果处理的各种化学分析全过程的基本原理、操作要点、误差的来源及消除方法，能对水泥生产企业分析人员的分析实践起到引导的作用。根据中华人民共和国劳动和社会保障部制定的《国家职业标准》的知识要求和技能要求，以及企业对本工种的实际要求，增加了仪器分析方法的部分内容。

建材化学分析工是中华人民共和国工人技术等级标准中，建材行业规范的工种名称，定义是：以抽样检查的方式，使用分析测试、化学药品试剂，对制造建筑材料所用的原料、燃料、材料，建筑材料的成品、半成品的化学成分及生产中间过程进行检测分析的人员。它归类为中华人民共和国职业分类大典——化学检验工种。本书名正是以该工种名称命名的，是为水泥化学分析工参加国家职业技能鉴定而编写的培训教材，谨以此书献给广大水泥企业第一线的化学分析人员，祝你们成为国家的宝贵财富——技术技能型人才。

本书不但适用于水泥企业化学分析人员职业技能鉴定的培训使用，对水泥企业化验室管理人员、大中专院校、技工学校对口专业的教学人员及学生也有一定的参考价值。

本书难免有不当之处，敬请批评指正。

编者

2006年7月

目 录

第 1 篇 水泥生产基本知识

0 绪 论	2
0.1 胶凝材料的定义和分类	2
0.2 胶凝材料发展简史	2
0.3 水泥的定义和分类	3
0.4 水泥在国民经济中的作用	3
0.5 水泥工业发展概况	4
1 硅酸盐水泥生产概述	6
1.1 通用硅酸盐水泥国家标准（送审稿）	6
1.2 硅酸盐水泥的生产方法	10
1.3 硅酸盐水泥生产工艺流程	12
1.4 硅酸盐水泥的性能和使用范围	16
2 硅酸盐水泥熟料的组成	18
2.1 硅酸盐水泥熟料的矿物组成	18
2.2 硅酸盐水泥熟料的化学成分	21
2.3 硅酸盐水泥熟料的率值及计算	23
3 硅酸盐水泥的原料、燃料及配料	27
3.1 石灰质原料	27
3.2 黏土质原料	28
3.3 校正原料、矿化剂及缓凝剂	31
3.4 水泥工业用燃料	33
3.5 硅酸盐水泥的配料	36
4 混合材及其他通用水泥	38
4.1 粒化高炉矿渣	38
4.2 矿渣硅酸盐水泥	41

4.3	火山灰质混合材料	44
4.4	火山灰质硅酸盐水泥	45
4.5	粉煤灰硅酸盐水泥	46
4.6	用于水泥中的石膏和硬石膏	49

第2篇 水泥化学分析

5	分析化学基础知识	53
5.1	分析通则	53
5.2	试验溶液的制备	61
5.3	溶液浓度的表示方法	69
5.4	标准滴定溶液的配制与标定	74
5.5	容量分析中被测物质质量分数的计算	81
6	二氧化硅的测定	84
6.1	氯化铵凝聚重量法	84
6.2	氟硅酸钾容量法	87
6.3	改进的氟硅酸钾容量法	91
7	配位滴定法	93
7.1	配位滴定法的基本原理	93
7.2	三氧化二铁的配位滴定	102
7.3	三氧化二铝的配位滴定	105
7.4	二氧化钛的配位滴定	110
7.5	氧化钙的配位滴定 (又称络合滴定)	111
7.6	氧化镁的配位滴定	114
7.7	氧化亚锰的配位滴定	116
8	硫的测定	118
8.1	硫酸盐中三氧化硫的测定	118
8.2	全硫的测定	129
8.3	硫化物的测定 (氧化还原滴定法)	132
9	其他元素的测定	133
9.1	氟的测定	133
9.2	不溶物的测定	139
9.3	烧失量的测定	139
9.4	磷的测定 (正丁醇-三氯甲烷萃取比色法)	140

9.5	氧化钾和氧化钠的测定 (火焰光度法)	141
9.6	氧化亚铁的测定 (氧化还原滴定法)	142
9.7	氧化亚锰的测定 (分光光度法)	142
9.8	二氧化钛的测定 (分光光度法)	143
9.9	氯的测定	143
10	煤的分析	146
10.1	煤分析的基础知识	146
10.2	煤的工业分析	148
10.3	全硫的测定	153
10.4	煤的发热量的测定	154
10.5	煤灰的化学分析	158
11	水泥原材料的分析	159
11.1	石灰质原料的分析	159
11.2	铁质原料的分析	160
11.3	硅质原料的分析	161
11.4	萤石的分析	162
11.5	矿渣的分析	163
11.6	混合材的分析	166
12	仪器分析方法	169
12.1	分光光度分析	169
12.2	火焰光度分析	172
12.3	发射光谱法	174
12.4	原子吸收分光光度分析	180
12.5	电化学分析方法	188
12.6	X 射线荧光分析法	195
12.7	其他仪器分析方法	199
13	结果的分析及数据处理	200
13.1	测定数据的表示	200
13.2	分析结果的精密度和准确度	200
13.3	分析结果的验收	202
13.4	分析结果偏高因素	205
13.5	分析结果偏低因素	206
13.6	全分析总结果的加和	207
13.7	对因烧失量变化引起的分析结果的变动进行校正	210

附录.....	212
附录 1 化学分析测评项目评分表	212
附录 2 中华人民共和国劳动和社会保障部《国家职业标准》	214
参考文献.....	224

第 1 篇 水泥生产基本知识

0 绪 论

0.1 胶凝材料的定义和分类

凡在物理、化学作用下,能从浆体变成坚固的石状体,并能胶结其他物料而具有一定机械强度的物质,统称为胶凝材料。胶凝材料分为水硬性和非水硬性两大类。

水硬性胶凝材料是在拌水后不仅能在空气中硬化,并能在水中硬化的材料,如硅酸盐水泥、铝酸盐水泥等无机材料。

非水硬性胶凝材料是只能在空气或其他条件下硬化,而不能在水中硬化的材料,如无机的石灰、石膏及有机的环氧树脂胶结料等。

0.2 胶凝材料发展简史

胶凝材料是人类在生产实践中,随着社会生产力的发展而发展起来的。黏土以及黏土掺加一些纤维材料是人类使用最早的一种胶凝材料,但黏土不耐水且强度低。

大约在公元前 3000~2000 年,人们开始用石灰、石膏来调制砌筑砂浆用作胶凝材料。我国的万里长城、古埃及的金字塔、狮身人首石像建筑,就是由这种胶凝材料建造的。

随着生产的发展,人们注意到在石灰砂浆中掺入火山灰,能使砂浆具有一定抗水性。我国很早就使用的“三合土”建筑物等都用的是石灰火山灰材料。随着陶瓷生产的发展,人们用废陶器、碎砖磨碎后混合石灰来作胶凝材料时,发现它的砂浆可以在水中硬化,具有较高的强度和较好的抗水性。由此,进一步发现可用石灰和煅烧的黏土来制成胶凝材料。

18 世纪到 19 世纪初期,在历史上是探求真理成为一种潮流的时代,化学和物理学被广泛地用于解释自然现象。在这样一个时期内,许多学者、工程师注意到了水泥的神秘。于 1756 年和 1796 年先后制成了水硬性石灰和罗马水泥。在此基础上,进而又用含适量(20%~25%)黏土的石灰石(天然水泥)经煅烧磨细,制得天然水泥。

19 世纪初期(1810~1825 年)已经将石灰石和黏土细粉按一定比例配合,在类似石灰窑的炉内经高温烧结成块(熟料),再进行粉磨制成水硬性胶凝材料。因为这种水硬性胶凝材料,有与英国波特兰城建筑岩石相似的颜色,故称之为波特兰水泥(我国称为硅酸盐水泥)。

硅酸盐水泥出现后,应用日益普遍。100 多年来,由于各国的科学家和水泥工作者的不断研究、探索及生产工艺的改进,使硅酸盐水泥生产不断提高和完善。同时水泥制品也相应得到发展。

由于工业不断发展,以及军事工程和特殊工程的需要,先后制成了各种特殊用途的水泥,如高强快硬水泥、矾土水泥、膨胀水泥、抗硫酸盐水泥、油井水泥等。

0.3 水泥的定义和分类

0.3.1 水泥的定义

加水拌合成塑性浆体，能胶结砂、石等适当材料并能在空气和水中硬化的粉状水硬性胶凝材料。

0.3.2 水泥的分类

0.3.2.1 水泥按其用途及性能分为三类：

(1) 通用水泥——一般土木建筑工程采用的水泥，例如，硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥。

(2) 专用水泥——专门用途的水泥，例如，G级油井水泥、32.5级道路硅酸盐水泥。

(3) 特性水泥——某种性能比较突出的水泥，例如，快硬硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥、膨胀硫铝酸盐水泥。

0.3.2.2 水泥按其主要水硬性物质名称分为：

(1) 硅酸盐水泥，即国外通称的波特兰水泥；

(2) 铝酸盐水泥；

(3) 硫铝酸盐水泥；

(4) 铁铝酸盐水泥；

(5) 氟铝酸盐水泥；

(6) 以火山灰质或潜在水硬性材料以及其他活性材料为主要组分的水泥。

0.3.2.3 水泥按需要在水泥命名中标明的主要技术特性分为：

(1) 快硬性：分为快硬和特快硬两类；

(2) 水化热：分为中热和低热两类；

(3) 抗硫酸盐腐蚀性：分中抗硫酸盐腐蚀和高抗硫酸盐腐蚀两类；

(4) 膨胀性：分为膨胀和自应力两类；

(5) 耐高温性：铝酸盐水泥的耐高温性以水泥中氧化铝含量分级。

0.4 水泥在国民经济中的作用

水泥是基本建设中最重要建筑材料。随着现代化工业的发展，它在国民经济中的地位日益提高，应用也日益广泛。

目前，水泥已广泛应用于工业建筑、民用建筑、水工建筑、道路建筑、农田水利建设和军事工程等方面。由水泥制成的各种水泥制品，如坑木、轨枕、水泥船和石棉水泥制品等广泛应用于工业、交通等部门；在代钢、代木方面，也越来越显示出技术经济上的优越性。

在建筑施工中有了钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土和钢结构材料的混合使用，才有高层、超高层、大跨度以及各种特殊功能的建筑物。新的产业革命，又为水泥行业提出了扩大水泥品种和扩大应用范围的新课题。开发占地球表面71%的海洋是人类进步的标志，而海洋工程的建造，如海洋平台、海洋工厂，其主要建筑材料就是水泥。此外，如宇航工业、核工业以及其他新型工业的建设也需要各种无机非金属材料，其中最为基本的是以水泥为主的复合材料。因此水泥的发展对保证国家建设计划的顺利进行起着十分重要的作用。

0.5 水泥工业发展概况

硅酸盐水泥出现后的一个半世纪,水泥生产技术经历多次变革。

硅酸盐水泥是在第一次产业革命中问世的,开始是间歇作业的土立窑。随着以冶炼技术为突破口的第二次产业革命,推动了水泥生产设备的更新,1885年出现了回转窑,继而出现了单筒冷却机、立式磨和单仓球磨,使水泥生产质量有所提高。到19世纪末至20世纪初,水泥工业一直进行不断地改造与更新,1910年立窑实现了机械化连续生产,1928年出现立波尔窑,使得回转窑产量有明显提高,热耗降低。

以原子能、合成化工为标志的第三次产业革命达到了高度工业化阶段。水泥工业也出现变革,1950年悬浮预热器的应用,使热耗大幅度降低;20世纪60年代初,以电子计算机为代表的新技术在水泥工业中开始应用;1971年开发了窑外分解技术,是水泥生产技术的重大突破。同时,随着原料预均化及生料均化等多种生产技术的不断完善,以及X射线检测方法 & 计算机自动控制技术在水泥生产过程中的应用,使干法窑的产量和质量明显提高,在节能方面取得极大进展,使新型干法工艺逐步取代湿法、老式干法、半干法及立窑生产,将水泥工业推向一个新的阶段。

1876年我国在河北唐山首先建立启新洋灰公司(即今唐山启新水泥厂),以后又相继在大连、上海、广州建立其他一些水泥厂。但在解放前水泥工业也与其他工业一样,发展一直非常缓慢。旧中国水泥工业不仅产量低而且品种少,历史上水泥最高年产量仅229万t(1942年),只能生产普通硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥两个品种。1949年前我国水泥年产量只有66万t。

建国初期的1950年,我国水泥总产量仅为141万t,之后,随着国民经济建设的提高,水泥产量逐年提高;至1960年和1970年,我国的水泥产量分别增长到1565万t和2575万t。

改革开放以来,中国坚持以经济建设为中心,坚持改革开放,大力推进经济体制改革和结构调整,保持了经济的持续增长。国民经济的快速增长,带来了全社会固定资产投资规模的不断增长,也带来了人民生活水平的提高,城乡住宅建设得到稳步发展,这就带动了水泥工业的快速发展。2005年,我国水泥总产量10.5亿t,同比增长10%左右。

在我国水泥发展过程中,我国水泥企业始终注意加强对世界先进水泥技术的学习和借鉴。我国在20世纪50年代已进行过悬浮预热器的研究;20世纪60年代初太原水泥厂的四级旋风预热器回转窑通过了技术鉴定。1969年又在杭州水泥厂建成第一台带立筒预热器回转窑。1976年在石岭建成第一台窑外分解窑,随着对这一新型干法水泥技术的不断创新和技术的不断成熟,以其质量好、消耗低、污染少、自动化程度高等优势,得到了社会和市场的认可,并得以蓬勃发展。中国是水泥生产工艺的博物馆,拥有预分解窑、预热器窑、立筒预热器窑、立波尔窑、湿法窑、带余热发电的回转窑、干法中空窑、立窑等多种生产工艺。

改革开放以后,特别是“九五”以来,中国水泥的发展由量的增长转到质的提高的新阶段,即“发展高强度等级的优质水泥、促进结构优化和产业升级”的新阶段。1980年以前,我国水泥工业以湿法回转窑为主要生产工艺,湿法水泥比重占60%;1980~1997年期间,由于经济高速增长,水泥供求矛盾十分突出,立窑水泥得到高速发展,到后期立窑水泥比重高达80%以上。1997年以后,我国的水泥工业进入了结构调整期,以淘汰落后的生产能力

为主,发展新型干法窑外分解水泥,促进大型企业发展,改善水泥结构。目前,世界上仅有的7条日产万吨生产线,我国就占有4条;水泥成套技术装备的出口规模逐年扩大,并占有了20%以上的国际水泥工程技术装备及工程服务市场的份额。

我国水泥品种以六大通用水泥(硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥)为主,其余为特性和专用水泥,有中热、低热、快硬、油井、抗硫酸盐、道路、自应力、白色等硅酸盐水泥系列;硫铝酸盐水泥系列;铁铝酸盐水泥系列;膨胀、钢渣、高铝、型砂等。目前,我国特性水泥和专用水泥已达60多个品种,特性水泥和专用水泥产量约1200万t(不含砌筑水泥)。

伴随世界新型干法水泥生产技术的发展,我国水泥工作者历经30多年的研究开发和实践探索,在推动我国新型干法水泥技术发展上取得了很大的成绩,主要表现在:在原材料利用方面,对低品位原料的处理和利用、粉煤灰等工业废弃料的再利用等积累了丰富的经验;在原材料的预均化技术方面,已研究开发了圆形、长形、露天原料预均化堆场等多种技术;国产化 and 大型化机械装备已趋成熟,在生料制备系统设备方面,其单机生产能力已达400~1400t/h,有带组合式高效选粉机的风扫磨、尾卸磨、中卸磨及立式磨等多种粉磨系统。目前国产化的烧成系统装备(包括烧成窑尾、窑中和窑头),第三代空气梁篦冷机,均已成功应用于各种规格的生产线上。水泥粉磨系统配置,目前有带组合式高效选粉机的国产化圈流管磨系统、国产辊压机+管磨系统、引进CKP+国产管磨系统等多种方案。还有多项专有技术得到成功开发和应用,如新型干法回转窑煅烧无烟煤技术、环保技术、低温发电技术等都有重大突破。

就我国水泥现状而言,产业结构还不合理,新型干法水泥比例太低;水泥生产技术与世界先进技术相比差距正在缩小,但在大型机械设备的制造加工和材料加工上还需要进一步研究开发;从节约资源、节约能源、减少污染的角度出发,我们不应该一味地扩大水泥生产规模来满足经济发展的需要,而应该提高技术水平、生产优质水泥来减少混凝土中水泥用量,或利用高炉矿渣、粉煤灰等工业废渣生产水泥或在混凝土中替代水泥来降低水泥消耗量;环境保护和高效利用资源方面要引起高度重视,才能保证可持续发展。因此,水泥科技工作者重任在肩,应立足本职,奋发学习,为实现水泥工业现代化和水泥科学技术现代化而努力奋斗。

1 硅酸盐水泥生产概述

1.1 通用硅酸盐水泥国家标准（送审稿）

1.1.1 定义与分类

1.1.1.1 定义

根据国家标准《通用硅酸盐水泥》（送审稿）的规定，其定义为：以适当成分的生料烧至部分熔融所得的硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料、适量的石膏和混合材料制成的水硬性胶凝材料。

1.1.1.2 分类

分类标准规定的通用硅酸盐水泥包括硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥，各品种的组分和代号应符合下述规定。

1.1.2 组分与材料要求

1.1.2.1 组分

通用硅酸盐水泥的组分应符合表 1-1 的规定。

表 1-1 通用硅酸盐水泥组分

%

品 种	代 号	组 分				
		熟料 (含石膏)	粒化高 炉矿渣	火山灰质 混合材料	粉煤灰	石灰石
硅酸盐水泥	P·I	100	—	—	—	—
	P·II	≥95	≤5	—	—	≤5
普通硅酸盐水泥	P·O	≥80 且 <95	>5 且 ≤20 ^a			
矿渣硅酸盐水泥	P·S·A	≥50 且 <80	>20 且 ≤50 ^b	—	—	—
	P·S·B	≥30 且 <50	>50 且 ≤70 ^b	—	—	—
火山灰质硅酸盐水泥	P·P	≥60 且 <80	—	>20 且 ≤40 ^c	—	—
粉煤灰硅酸盐水泥	P·F	≥60 且 <80	—	—	>20 且 ≤40 ^d	—
复合硅酸盐水泥	P·C	≥50 且 <80	>20 且 ≤50 ^e			

- 符合通用硅酸盐水泥（送审稿）第 1.1.2.2 条（2）的活性混合材料，其中允许不超过水泥质量 5% 符合通用硅酸盐水泥（送审稿）第 1.1.2.2 条（4）的窑灰，或不超过水泥质量 8% 符合通用硅酸盐水泥（送审稿）第 1.1.2.2 条（3）的非活性混合材料代替。
- 符合 GB/T 203 或 GB/T 18046 的活性混合材料，其中允许用不超过水泥质量 8% 的、符合通用硅酸盐水泥（送审稿）第 1.1.2.2 条的活性混合材料，或符合通用硅酸盐水泥（送审稿）第 1.1.2.2 条的非活性混合材料，或符合通用硅酸盐水泥（送审稿）第 1.1.2.2 条的窑灰中的任一种材料代替（本教材的 1.1.2.2 条活性混合材料、非活性混合材料、窑灰）。
- 符合 GB/T 2847 的活性混合材料。
- 符合 GB/T 1596 的活性混合材料。
- 由两种（含）以上符合通用硅酸盐水泥（送审稿）第 1.1.2.2 条的活性混合材料或/和符合通用硅酸盐水泥（送审稿）第 1.1.2.2 条的非活性混合材料组成，其中允许用不超过水泥质量 8% 符合通用硅酸盐水泥（送审稿）第 1.1.2.2 条的窑灰代替。掺矿渣时混合材料掺量不得与矿渣硅酸盐水泥重复。

1.1.2.2 材料

(1) 石膏

天然石膏：应符合 GB/T 5483 中规定的 G 类或 A 类二级（含）以上的石膏或硬石膏。

工业副产石膏：工业生产中以硫酸钙为主要成分的副产品。采用工业副产石膏时，应经过试验，证明对水泥性能无碍。

(2) 活性混合材料

符合 GB/T 203 的粒化高炉矿渣、GB/T 18046 的粒化高炉矿渣粉、GB/T 1596 的粉煤灰，符合 GB/T 2847 的火山灰质混合材料。

(3) 非活性混合材料

活性指标低于 GB/T 203（或 GB/T 18046）、GB/T 1596、GB/T 2847 标准要求的粒化高炉矿渣、粒化高炉矿渣粉、粉煤灰、火山灰质混合材料以及石灰石和砂岩，其中石灰石中的三氧化二铝含量应不超过 2.5%。

(4) 窑灰

应符合 JC/T 742 的规定。

(5) 助磨剂

水泥粉磨时允许加入助磨剂，其加入量应不超过水泥质量的 1%，助磨剂须符合 JC/T 667 的规定。

1.1.3 强度等级

硅酸盐水泥强度等级分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R。

普通硅酸盐水泥强度等级分为 42.5、42.5R、52.5、52.5R。

矿渣、火山灰、粉煤灰、复合水泥强度等级分为 32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R。

1.1.4 技术要求

1.1.4.1 化学品质

化学品质应符合表 1-2 中的规定。

表 1-2 化学品质

%

品 种	硅酸盐水泥		普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥		粉煤灰硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥	复合硅酸盐水泥
	P · I	P · II	P · O	P · S · A	P · S · B	P · F	P · P	P · C
不溶物 不大于	0.75	1.50	—	—	—	—	—	—
烧失量 不大于	3.0	3.5	5.0	—	—	—	—	—
三氧化硫 不大于	3.5			4.0		3.5		
氧化镁 不大于	5.0 ^a			6.0 ^b				
氯离子 不大于	0.06 ^c							

a. 如果水泥压蒸试验合格，则水泥中氧化镁的含量允许放宽至 6.0%。

b. 如果水泥中氧化镁的含量大于 6.0% 时，需进行水泥压蒸试验并合格。

c. 当用户要求时可协商。

1.1.4.2 碱含量

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。若使用活性骨料，用户要求提供低碱水泥时，水泥中碱含量应不大于 0.6% 或由供需双方商定。

1.1.4.3 物理品质

(1) 凝结时间

硅酸盐水泥初凝时间不得早于 45min，终凝不得大于 390min。普通水泥初凝不得早于 45min，终凝不得大于 600min。

(2) 安定性

沸煮法检验合格。

(3) 强度

水泥强度等级按规定龄期的抗压强度和抗折强度来划分，各强度等级水泥的各龄期强度不得低于表 1-3 中数值。

表 1-3 各强度等级水泥的各龄期强度

MPa

品 种	强度等级	抗压强度		抗折强度	
		3d	28d	3d	28d
硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥	42.5	17.0	42.5	3.5	6.5
	42.5R	22.0		4.0	
	52.5	23.0	52.5	4.0	7.0
	52.5R	27.0		5.0	
	62.5	28.0	62.5	5.0	8.0
	62.5R	32.0		5.5	
矿渣硅酸盐水泥 火山灰质硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥 复合硅酸盐水泥	32.5	10.0	32.5	2.5	5.5
	32.5R	15.0		3.5	
	42.5	15.0	42.5	3.5	6.5
	42.5R	19.0		4.0	
	52.5	21.0	52.5	4.0	7.0
	52.5R	23.0		4.5	

(4) 细度

P·I、P·II、P·O 用比表面积表示，不小于 $300\text{m}^2/\text{kg}$ ；P·S、P·F、P·P、P·C 用筛余表示， $45\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不得超过 30.0%， $80\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不得超过 10.0%。

1.1.5 试验方法

1.1.5.1 组分

由生产者选择最适宜的方法或按 GB/T 12960 进行。在正常生产情况下，生产者应至少每月对水泥组分进行校核，年平均值应符合通用硅酸盐水泥（送审稿）（本教材 1.1.2.1 组分）的规定，单次检验值应不超过通用硅酸盐水泥（送审稿）规定最大限量的 2%。

为保证组分测定结果的准确性，生产者应采取适当的生产程序和适宜的方法对所选方法的可靠性进行验证，并将经验证的方法形成文件。

1.1.5.2 不溶物、烧失量、氧化镁、三氧化硫和碱的含量

按 GB/T 176 进行。

1.1.5.3 氯离子

按 JC/T 420 进行。