

混凝土与钢筋混凝土施工手册

李桂林 程良奎 罗竞宁 主编

冶金工业出版社

混凝土与钢筋混凝土施工手册

李桂林 程良奎 罗竞宁 主编

冶金工业出版社

内 容 提 要

本手册分十三章,主要介绍了混凝土与钢筋混凝土的组成材料、主要性能、设计与制备、质量检验和缺陷修补以及现浇混凝土模板工程、混凝土预制工艺,同时还介绍了预应力混凝土、特种混凝土、纤维混凝土、防水混凝土、喷射混凝土、压浆混凝土、泵送混凝土和热拌混凝土以及液压滑动模板与升板施工。

本手册供建筑施工人员使用,也可供大专院校土建专业师生参考

混凝土与钢筋混凝土施工手册

李桂林 程良奎 罗竞宁 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 $30\frac{1}{8}$ 字数 713千字

1988年7月第一版 1988年7月第一次印刷

印数00,001~19,600册

ISBN 7-5024-0260-8

TU·9 定价 8.80元

目 录

第一章 混凝土的组成材料	1
第一节 水泥	1
一、硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥	1
二、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	4
三、其他品种的水泥	5
四、水泥的选用	6
五、水泥的保管和受潮后的处理	8
六、水泥的物理性能检验	9
第二节 砂	16
一、混凝土用砂的质量标准	17
二、砂子的检验	18
第三节 粗骨料	25
一、混凝土用碎石和卵石的质量标准	25
二、混凝土用重矿渣的技术要求	27
三、混凝土用碎石和卵石的检验方法	27
四、高炉重矿渣的检验	34
第四节 水	36
第五节 外加剂	36
一、外加剂的作用	36
二、减水剂	36
三、加气剂	39
四、早强剂	41
五、速凝剂	42
六、缓凝剂	44
七、膨胀剂	45
八、起泡剂与发泡剂	46
第二章 混凝土的主要性能	47
第一节 混凝土拌合物的和易性	47
一、混凝土拌合物的坍落度试验	47
二、混凝土拌合物的工作度试验	48
第二节 混凝土的强度和弹性	49
一、混凝土的强度及其主要影响因素	49
二、混凝土各种强度之间的关系	52
三、混凝土的强度试验	53
四、混凝土的弹性与弹性模量	63

五、混凝土静力弹性模量试验	63
六、混凝土的泊松比	65
七、混凝土的韧性	65
第三节 混凝土的耐久性	66
一、冻融	66
二、化学侵蚀	68
三、活性骨料对混凝土的影响	73
四、腐蚀作用	74
第四节 混凝土的吸水性和渗透性	75
一、混凝土的吸水性	75
二、混凝土的渗透性及渗透性试验	75
第五节 混凝土的热工性能	77
一、混凝土的绝热温升	77
二、导热系数	77
三、比热和热扩散系数	78
四、热膨胀系数	78
五、各种骨料和混凝土的热工性能	78
六、大体积混凝土的绝热温升	78
第三章 混凝土的设计与制备	81
第一节 混凝土配合比设计	81
一、混凝土配合比设计的原则	81
二、混凝土配合比的设计方法	81
三、混凝土配合比的调整	87
第二节 混凝土的运输	88
一、混凝土运输的基本要求	88
二、混凝土运输机具的选型	89
第三节 混凝土的浇灌	93
一、混凝土浇灌的一般规定	93
二、混凝土的振捣	95
三、留设施工缝的有关规定	96
四、混凝土结构的浇筑	98
五、水下浇灌混凝土	100
六、大体积混凝土浇灌	101
第四节 混凝土的养护	102
一、在自然气温条件下（+5℃以上）浇水进行养护	102
二、混凝土真空作业法	103
第四章 混凝土搅拌站	108
第一节 混凝土搅拌站的类型及工艺布置	108
一、搅拌站的类型	108

二、搅拌站的工艺布置	110
第二节 贮料仓的要求和计算	111
一、贮料仓的要求	111
二、料仓的计算	112
第三节 搅拌机的选型	114
一、搅拌机的类型	114
二、搅拌机的搅拌、装料和卸料时间	115
三、搅拌机的生产能力计算	116
四、搅拌机选型原则	117
第四节 称量系统	117
一、电子秤	117
二、杠杆秤	120
第五节 砂石堆场	120
一、砂石贮存周期和贮存损耗系数	120
二、砂、石堆场的工艺布置要求	121
三、砂石贮存量和堆场面积的计算	121
四、砂石堆场的设备选型和计算	122
第六节 散装水泥筒仓	126
一、散装水泥的贮存周期	126
二、筒仓的类型和几何尺寸	126
三、卸料方式和设备	127
四、输送工艺的选择	130
五、主要输送设备选型	130
第五章 钢筋	134
第一节 钢筋的类别、性能、检验和保管	134
一、钢筋的种类	134
二、钢筋的机械性能	135
三、钢筋的检验	137
四、钢筋的保管	139
第二节 钢筋的配料加工	139
一、配料计算	139
二、钢筋的调直、切断、弯曲工艺及设备选择	142
三、钢筋的接头	143
第三节 钢筋的冷加工	146
一、冷拉	146
二、冷拔	149
第四节 钢筋焊接	152
一、电阻点焊	152
二、闪光对焊	155

三、电弧焊.....	158
第五节 钢筋的绑扎和安装	160
一、钢筋的绑扎.....	160
二、钢筋网、架的安装.....	162
三、质量要求.....	164
第六章 现浇混凝土的模板工程	165
第一节 模板的工程量、材料、定额和置备量	165
一、模板的工程量.....	165
二、模板的材料.....	166
三、模板的定额.....	167
四、模板的置备量.....	167
第二节 模板的部件	168
一、板块的种类和规格.....	168
二、柱箍和梁夹.....	170
三、支模桁架.....	173
四、工具式支柱.....	173
五、对拉螺栓.....	173
第三节 施工设计	175
一、模板的荷载.....	175
二、材料容许应力及部件技术性能.....	179
三、模板构件承载能力的计算.....	181
四、施工设计的内容和形式.....	184
第四节 组合钢模板和整体模架	187
一、大模板拼配连固的要领.....	187
二、墙壁的大模板.....	189
三、楼板的大模板.....	190
四、隧道模板.....	193
第五节 现场作业	193
一、模板安装前的准备工作.....	193
二、基础模板.....	195
三、墙模板.....	200
四、柱模板.....	200
五、梁模板.....	201
六、楼板的支模.....	205
七、模板安装的质量标准.....	208
八、模板的拆除.....	208
第六节 设备基础	209
一、模板支设.....	209
二、预埋件的安装和固定.....	211

三、地脚螺栓的安装·····	212
四、胀锚螺栓·····	216
五、环氧砂浆锚固地脚螺栓·····	218
第七章 混凝土预制工艺 ·····	220
第一节 混凝土预制品厂的总体规划·····	220
一、混凝土预制品厂总平面布置的基本原则·····	220
二、预制品厂的工作制度和设计系数·····	220
第二节 预制构件生产工艺组织方法·····	221
一、机组流水法·····	221
二、流水传送带法·····	223
三、台座法·····	224
第三节 模板·····	225
一、模板的应用指标及需要量·····	225
二、脱模剂(隔离剂)·····	226
第四节 制品成型·····	227
一、振动成型的工艺参数·····	227
二、振动设备选型·····	228
三、加压振动及其加压值·····	230
四、混凝土运输设备·····	230
第五节 混凝土构件的养护·····	231
一、蒸汽养护制度·····	231
二、各种蒸汽养护设施的类型及构造要求·····	231
三、蒸汽耗用量及其计算·····	236
第六节 热拌混凝土·····	240
一、主要机械设备·····	240
二、生产工艺·····	242
三、性能及生产管理·····	244
第八章 预应力混凝土工程 ·····	246
第一节 对混凝土和钢筋的要求·····	246
一、混凝土·····	246
二、钢筋·····	246
第二节 张拉设备及机具·····	247
一、张拉及灌浆机具·····	247
二、锚具和夹具·····	252
第三节 预应力钢筋混凝土构件的生产工艺·····	258
一、先张法·····	258
二、后张法·····	263
三、电热法张拉·····	264
第四节 预应力钢筋的制作和断料计算·····	266

一、预应力粗钢筋的制作	266
二、预应力钢丝束的制作	266
三、预应力钢绞线的制作	267
四、预应力钢筋的断料计算	267
第九章 液压滑动模板与升板施工	269
第一节 液压滑动模板施工	269
一、滑模的适用范围及条件	269
二、滑模工艺对工程设计的要求	269
三、液压滑动模板的组成和要求	275
四、滑模施工设计中的一般问题	303
五、滑模施工中的某些特殊处理	316
第二节 升板施工	322
一、升板设备	322
二、升板结构工程施工	325
三、楼板提升	328
第十章 特种混凝土与纤维混凝土	333
第一节 特种混凝土	333
一、耐酸混凝土	333
二、耐碱混凝土	335
三、耐热混凝土	335
四、耐油混凝土	338
五、耐低温混凝土	339
六、钢屑混凝土	341
七、蛭石混凝土	341
八、防射线混凝土	342
九、不发火混凝土	343
十、抗冻混凝土	344
第二节 纤维混凝土	344
一、纤维混凝土的增强机理	344
二、纤维的种类和性能	346
三、纤维混凝土的制备工艺	346
四、钢纤维喷射混凝土	347
五、纤维混凝土的性能	349
六、纤维混凝土的工程应用	351
第十一章 防水混凝土	357
第一节 防水混凝土的一般要求	357
一、防水混凝土的适用范围	357
二、抗渗标号的选择	357
三、设防高度	358

第二节 普通防水混凝土	359
一、防水混凝土材料选择	359
二、配制原则	360
三、普通防水混凝土配合比设计	361
第三节 矿渣碎石防水混凝土	363
一、矿渣碎石的基本性质	363
二、矿渣碎石防水混凝土的配制	364
第四节 外加剂防水混凝土	365
一、减水剂防水混凝土	365
二、加气剂防水混凝土	367
三、三乙醇胺防水混凝土	371
四、氯化铁防水混凝土	374
第五节 膨胀水泥防水混凝土	377
一、膨胀水泥品种	377
二、硫铝酸盐型膨胀水泥防水混凝土的特性	378
三、膨胀水泥防水混凝土的配制和施工	378
第六节 防水混凝土工程施工	379
第十二章 喷射混凝土、压浆混凝土与泵送混凝土	383
第一节 喷射混凝土	383
一、机械设备	383
二、喷射混凝土材料及组成	387
三、喷射混凝土施工	389
四、喷射混凝土的性能	398
五、喷射混凝土的质量检查	401
六、地下工程喷射混凝土支护及其施工要点	402
七、喷射混凝土加固、修复建筑物及其施工要点	406
八、边坡加固与喷射混凝土护壁	408
九、热工炉窑内衬的建造与修补	409
第二节 压浆混凝土	410
一、原材料要求	410
二、砂浆的流动性	411
三、压浆混凝土的配合比	412
四、压浆混凝土施工	417
五、压浆混凝土的养护及质量检验	421
第三节 泵送混凝土施工	422
一、混凝土输送泵及输送管	422
二、泵送混凝土的施工方法要点	429
第十三章 混凝土质量检验、验收与缺陷修补	441
第一节 混凝土拌合物的质量检验	441

第二节 混凝土强度的标准检验441

一、试块尺寸.....441

二、试块取样数量.....441

三、检验结果评定.....441

第三节 混凝土强度的早期快速检验443

一、混凝土拌合物的快速分析法.....443

二、加速养护法.....445

第四节 混凝土强度的非破损检验447

一、回弹法.....447

二、刻痕法.....451

三、拉拔法.....455

四、超声波法.....459

五、综合法.....461

六、取芯法.....461

第五节 构件与结构的验收461

一、预制钢筋混凝土构件的验收.....461

二、结构工程验收.....462

第六节 混凝土缺陷修补465

一、外观缺陷类别及其产生原因.....465

二、缺陷修补.....466

参考文献468

第一章 混凝土的组成材料

第一节 水 泥

水泥是一种水硬性胶结材料，能在水中凝结硬化，产生强度。水泥的品种很多，在建筑工程中应用最普遍的为硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，其次为矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥。有时根据结构物所处环境及工程上的特殊要求，可选用快硬水泥、塑化水泥、矾土水泥、膨胀水泥、抗硫酸盐水泥等。

一、硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥

凡以适当成分的生料（指煅烧前的水泥原料）煅烧至部分熔融，所得以硅酸钙为主要成分的熟料（指生料煅烧成的块状材料），加入适量的石膏，磨细制成的水硬性胶凝材料，称为硅酸盐水泥。

凡由硅酸盐水泥熟料，加入少量混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为普通硅酸盐水泥（简称普通水泥）。普通水泥中混合材料的掺量按重量百分比计：掺活性混合材料时，不得超过15%；掺非活性混合材料时，不得超过10%；同时掺活性和非活性混合材料时，总量不得超过15%，其中非活性混合材料不得超过10%。

1. 硅酸盐水泥熟料的化学成分及矿物组成

硅酸盐水泥熟料的化学成分见表1-1-1。

硅酸盐水泥熟料的化学成分 表 1-1-1

化学成分	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO(不大于)	SO ₃ (不大于)
含量范围(%)	64~67	21~24	4~7	2~4	5	3.5

注：如水泥经压蒸安定性试验合格，则熟料中MgO的含量允许放宽到6%。

硅酸盐水泥熟料的矿物组成：水泥生料在窑中煅烧时，经过复杂的化学过程，生成3CaO·SiO₂（简写为C₃S），2CaO·SiO₂（简写为C₂S），3CaO·Al₂O₃（简写为C₃A）和4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃（简写为C₄AF）等四种主要矿物成分，其组成含量及其主要特性如表1-1-2所示。

硅酸盐水泥熟料的矿物组成及主要特性 表 1-1-2

矿物名称	化 学 式	代号	含量范围(%)	主 要 特 性
硅酸三钙	3CaO·SiO ₂	C ₃ S	37~60	凝结硬化快，硬化后强度高，水化热较高
硅酸二钙	2CaO·SiO ₂	C ₂ S	15~37	凝结硬化慢，早期强度低，后期强度较高，水化热较低
铝酸三钙	3CaO·Al ₂ O ₃	C ₃ A	7~15	凝结硬化最快，水化热高，需水量大，体积收缩大，不利于抗硫酸盐
铁铝酸四钙	4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃	C ₄ AF	10~18	需水量小，强度低，在水泥煅烧中起助融作用

因此，对强度要求高的水泥（如高级水泥）须提高 C₃S 和 C₂S 的总含量；要求快硬早强的水泥（如快硬水泥）须适当提高 C₃A 和 C₃S 的总含量。

2. 硅酸盐水泥、普通水泥的硬化过程

水泥中加入适量的水拌合成水泥浆后，就起着一系列的物理、化学作用，经过一定时间，水泥浆逐渐变稠，失去塑性，称为初凝；开始具有强度时称为终凝；终凝后强度继续增长，称为硬化。凝结与硬化总称为硬化过程。

水泥硬化过程大致分为溶解期（或称预备期）、胶化期（或称凝结期）和结晶期（或称硬化期）三个阶段。由于新生成物的生成、溶解、形成凝胶，凝胶转变为结晶，以及表面碳化等过程，水泥便形成坚硬的水泥石。这些过程是互相交错进行的，不能截然分开。水泥遇水后，水化作用首先在颗粒表面进行，使表面包上一层胶质体膜。这层胶质体膜阻碍了水泥颗粒内部的进一步水化，使水泥具有初期强度增长快，后期强度增长慢的特点。

水泥的硬化过程，也就是水泥颗粒与水作用的过程。水泥的凝结与硬化速度，与下列各因素有关：

（1）水泥颗粒的矿物组成：铝酸三钙和硅酸三钙含量高的水泥，凝结硬化快。硅酸盐水泥强度、强度增长速度与其矿物成分含量之间的关系见表1-1-3。

硅酸盐水泥强度、强度增长速度与其矿物成分含量之间的关系 表 1-1-3

序号	矿物成分（%）					抗压强度（MPa）					以28天为标准的强度增长率（%）				
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	C ₂ F	3天	7天	28天	3个月	6个月	3天	7天	28天	3个月	6个月
助熔矿物成分相同，但C ₃ S与C ₂ S比例不同的水泥															
1	70	5	12.5	12.5	—	13.8	23.8	34.6	38.3	39.8	40	69	100	111	115
2	55	20	12.5	12.5	—	12.6	19.7	33.1	36.9	37.6	38	60	100	112	114
3	40	35	12.5	12.5	—	6.3	11.6	20.4	26.4	29.8	31	57	100	130	145
4	25	50	12.5	12.5	—	3.3	8.8	13.4	20.3	26.9	25	66	100	152	201
硅酸盐矿物成分相同，但助熔矿物成分不同的水泥															
5	55	20	20	5.0	—	14.1	25.3	30.6	36.7	37.9	46	83	100	120	124
6	55	20	12.5	12.5	—	12.6	19.7	33.1	36.9	37.6	38	60	100	112	114
7	55	20	5.0	20	—	12.2	23.0	36.3	41.4	44.4	34	63	100	114	122
8	55	20	—	12.5	12.5	5.1	12.0	20.2	27.6	31.6	25	60	100	137	156

注： 1. C₄AF 为助熔矿物成分； 2. 1MPa≈10kgf/cm²，后同。

（2）水泥的细度：水泥颗粒愈细，比表面积（系单位重量中的各个固体颗粒表面积的总和，如 cm²/g）愈大，与水接触的面积也就愈大，则水化愈快，凝结硬化也愈快。

（3）硬化时的温度和湿度：水泥硬化过程中温度和湿度愈高，水化愈快，凝结硬化也愈快；温度及湿度愈低，凝结硬化愈慢，温度低于 0℃ 时，则凝结硬化作用停止。

（4）水灰比：调制水泥浆时，若采用的水灰比大，水泥浆就变稀，水泥颗粒间的距离加大，就会减慢水泥的硬化，并增加水泥石中孔隙的数量，使强度降低。因此为使水泥硬化较快，并获得较高的强度，应采用较小的水灰比。

3. 硅酸盐水泥、普通水泥的主要物理性质

(1) 比重和容重：硅酸盐水泥和普通水泥的比重约为 3.1 左右。松散状态时容重(材料在自然状态下单位体积的重量) 约为1100~1300kg/m³，通常采用1300 kg/m³。

(2) 细度：用0.080mm方孔筛筛余量不得超过15%。

(3) 标准稠度用水量：标准稠度用水量可用调整水量法或用固定水量法测定。即将称好的400g 水泥试样倒入拌和锅内，采用调整水量法时可凭经验加水，采用固定水量法时可加水114mL；将按规定拌和的水泥净浆倒入锥模，插捣完毕，刮去多余净浆，放到试锥下面，将试锥降至净浆表面，然后让试锥自由沉入水泥净浆中，到30s 时，记录试锥下沉深度。用调整水量法测定时，以试锥下沉深度为 28 ± 2 mm 时的拌和用水量为标准稠度用水量，以水泥重量百分比计；用固定水量法测定时，根据测得的试锥下沉深度 S (mm)，按下式计算标准稠度用水量 P (%)

$$P=33.4-0.185S$$

(4) 凝结时间：初凝不得早于 45min，终凝不得迟于 12h。

(5) 安定性：用沸煮法检验，必须合格。

(6) 强度：强度是确定水泥标号的指标，即指抗压抗折的性能。测定水泥强度可采用“软练法”。此法是将1:2.5的水泥和标准砂按规定的水灰比0.44（适用于硅酸盐水泥、普通水泥和矿渣水泥）或0.46（适用于火山灰水泥和粉煤灰水泥）加水，并按规定的方法拌制成软练胶砂，制成 $4 \times 4 \times 16$ cm 的标准试件，在标准条件下（养护箱温度为 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度大于90%，养护水的温度为 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ）进行养护，分别测定其3 天、7 天和28 天的强度。其中28 天的抗压强度（以 kgf/cm^2 表示）代表水泥的标号，3 天、7 天的抗压和抗折强度必须满足规定要求。

国家标准规定硅酸盐水泥分为 425、525、625 三个标号。普通水泥分为 225、275、325、425、525、625 六个标号。各个标号不得低于表1-1-4 中规定的数值。

硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥各龄期的强度，MPa 表 1-1-4

水泥标号	硅 酸 盐 水 泥			普 通 硅 酸 盐 水 泥		
	3 天	7 天	28 天	3 天	7 天	28 天
抗 压 强 度						
225	—	—	—	—	13.0	22.5
275	—	—	—	—	16.0	27.5
325	—	—	—	12.0	19.0	32.5
425	18.0	27.0	42.5	16.0	25.0	42.5
525	23.0	34.0	52.5	21.0	32.0	52.5
625	29.0	43.0	62.5	27.0	41.0	62.5
抗 折 强 度						
225	—	—	—	—	2.8	4.5
275	—	—	—	—	3.3	5.0
325	—	—	—	2.5	3.7	5.5
425	3.4	4.6	6.4	3.4	4.6	6.4
525	4.2	5.4	7.2	4.2	5.4	7.2
625	5.0	6.2	8.0	5.0	6.2	8.0

(7) 水化热: 水泥的水化反应为放热反应, 随着水化过程的进行, 不断地放出热量, 这种热量, 称为水化热。在水化作用的全过程中, 每克水泥约放出热量 502J (120 cal)^①。水泥各矿物成分的放热量如下:

硅酸三钙	C ₃ S	502J/g (120cal/g)
硅酸二钙	C ₂ S	260J/g (62cal/g)
铝酸三钙	C ₃ A	867J/g (207cal/g)
铁铝酸四钙	C ₄ AF	419J/g (100cal/g)

在水泥矿物成分中, 铝酸三钙放热量最多也最快, 硅酸三钙次之, 硅酸二钙放热量最少、最慢。高标号水泥放热量较高。热量主要在硬化初期放出, 以后逐渐减少。水化热与水泥细度也有关, 较细的水泥放热量较多、较快。

根据不同龄期, 各种水泥在常温下释放的水化热见表1-1-5。

各种水泥在常温下的水化热, kJ/kg 表 1-1-5

品 种 \ 龄 期	1 天	3 天	7 天	28 天
高水化热水泥	209 ~ 272	293 ~ 356	356 ~ 377	377 ~ 419
普通水泥 (中水化热)	126 ~ 209	209 ~ 293	251 ~ 335	314 ~ 419
低水化热水泥	63 ~ 147	167 ~ 251	188 ~ 272	230 ~ 335

注: 普通水泥中含 C₃A 很少或不含者和矿渣水泥含矿渣较多者, 均属低热水泥。

(8) 硬化收缩: 硅酸盐水泥、普通水泥在空气中硬化时, 体积会收缩, 其收缩大小与水泥的矿物组成、细度、水灰比等因素有关。熟料中铝酸三钙的收缩最大; 水泥愈细, 收缩愈大; 水灰比大, 收缩也大。

二、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥

凡由硅酸盐水泥熟料和粒化高炉矿渣, 加入适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为矿渣硅酸盐水泥 (简称矿渣水泥)。水泥中粒化高炉矿渣掺量按重量百分比计为20~70%。

允许用不超过混合材料总掺量 1/3 的火山灰质混合材料或粉煤灰代替部分粒化高炉矿渣。但代替数量最多不得超过水泥重量的15%。

凡由硅酸盐水泥熟料和火山灰质混合材料, 加入适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为火山灰质硅酸盐水泥 (简称火山灰水泥)。水泥中火山灰质混合材料掺量按重量百分比计为20~50%。

允许掺加不超过混合材料总掺量 1/3 的粒化高炉矿渣代替部分火山灰质混合材料。

凡由硅酸盐水泥熟料和粉煤灰, 加入适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为粉煤灰硅酸盐水泥 (简称粉煤灰水泥)。水泥中粉煤灰掺量按重量百分比计为20~40%。

允许掺加不超过混合材料总掺量 1/3 的粒化高炉矿渣。此时, 混合材料总掺量可达50%。但粉煤灰掺量仍不得超过40%。

上述几种水泥统称为掺活性混合材料水泥。

1. 品质标准

① 1cal= 4.1868J, 后同。

- (1) 氧化镁：熟料中氧化镁的含量不得超过5%。如水泥经压蒸安定性试验合格，则熟料中氧化镁的含量允许放宽到6%。熟料中氧化镁的含量为5~6%时，如矿渣掺量大于40%或火山灰质混合材料、粉煤灰掺量大于30%而制成的水泥可不作压蒸试验。
- (2) 三氧化硫：矿渣水泥中三氧化硫的含量不得超过4%；火山灰水泥、粉煤灰水泥中三氧化硫的含量不得超过3.5%。
- (3) 细度、凝结时间、安定性：均与硅酸盐水泥的规定相同。
- (4) 强度：各龄期强度均不得低于表1-1-6的规定数值。

掺活性混合材料水泥的强度，MPa
表 1-1-6

水泥标号	抗 压 强 度		抗 折 强 度	
	7 天	28 天	7 天	28 天
225	11.0	22.5	2.3	4.5
275	13.0	27.5	2.8	5.0
325	15.0	32.5	3.3	5.5
425	21.0	42.5	4.2	6.4
525	29.0	52.5	5.0	7.2

2. 一般特性

硅酸盐水泥熟料中掺入活性混合材料后，有下列一些特性：

- (1) 有较好的耐腐蚀性能；
- (2) 由于渗入了活性混合材料，发热量大而快的C₃A和C₃S含量就相应减少，混合材料中的活性氧化硅和活性氧化铝与氢氧化钙作用时的放热量就低而且慢，这样就可以减少大体积混凝土中，由于温度变化而引起的膨胀与收缩的范围，减少产生裂缝的可能性，因此这些水泥适用于大体积混凝土工程；
- (3) 早期强度增长慢，后期强度增长快；
- (4) 在蒸气养护下强度发展较快；
- (5) 硬化时需水量多，干缩性大，抗冻性差，易产生裂纹；
- (6) 矿渣水泥耐热性较好，泌水性较差。

三、其他品种的水泥

1. 矾土水泥

矾土水泥是以矾土为主要原料，配以适量石灰石，经煅烧、磨细而成的水硬性胶凝材料，是一种快硬、高强、耐腐蚀的胶结材料。矾土水泥的主要矿物成分为铝酸盐，故又名铝酸盐水泥。

矾土水泥的主要性能及用途如下：

- (1) 初凝时间不早于30min，终凝不迟于12h。
- (2) 由于硬化快，故以三天的抗压强度作为水泥的标号，常用的为325号，425号和525号。
- (3) 抗冻性、耐热性及抗腐蚀性较好。
- (4) 硬化快，早期强度高，适用于要求快硬的紧急工程（如国防工程、道路工程、特殊的修复工程）和冬季施工等。
- (5) 水化热较高，不宜用于大体积混凝土工程。

(6) 不得与各种硅酸盐水泥混合使用，不得外掺混合材料，不得用于接触碱溶液的工程。

(7) 不得采用蒸汽养护，不宜用于热天施工，在水泥硬化过程中，环境温度不得超过25℃。

2. 石膏矾土膨胀水泥

用矾土水泥与一定比例的天然二水石膏，配制而成的一种快硬的水硬性胶结材料，称为石膏矾土膨胀水泥。这种水泥的最大特点是硬化时体积膨胀。以标准稠度水泥净浆制成的4×4×16cm试件，在空气与水中养护，一天的线膨胀率不小于0.15%，单在水中养护时，膨胀率更大。其主要性能及用途如下：

- (1) 初凝时间不早于20min，终凝不迟于4h。
- (2) 加水拌和几小时后就有显著强度，三天后的抗压强度可达30~50MPa。
- (3) 最适合用于抢补、填灌预留孔洞、构件接头、设备基础堵孔以及修补加固等。
- (4) 适用于抗渗性能要求高的混凝土工程。
- (5) 不可在温度高于80℃的情况下施工，也不得在负温度下施工。
- (6) 不可与石灰及各种硅酸盐水泥混合使用。

除石膏矾土膨胀水泥外，还有硅酸盐膨胀水泥。硅酸盐膨胀水泥是用硅酸盐水泥熟料、膨胀剂和石膏，按一定比例混合，磨成细粉而制得的水硬性胶凝材料。它的初凝时间不早于20min，终凝不迟于10h；在水中养护时，一天的线膨胀率不得小于0.3%，28天的线膨胀率不得大于1.0%，其它性能与石膏矾土膨胀水泥相近。

四、水泥的选用

各种水泥的特性和适用范围见表1-1-7。水泥的选用见表1-1-8。

各种水泥的特性和适用范围 表 1-1-7

水泥种类	水泥标准编号	特 性		适 用 范 围	
		优 点	缺 点	适 用 于	不适用于
硅酸盐水泥 普通水泥	GB175—77 GB175—77	1.早期强度增长快； 2.低温环境下(10℃以下)凝结硬化较快； 3.耐冻性较好	耐酸类、碱类等化学腐蚀性较差	混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土的地上、地下和水中结构，其中包括受反复冰冻作用的结构	1.受酸类、碱类等化学侵蚀的工程； 2.大体积混凝土工程
矿渣水泥	GB1344—77	1.耐硫酸盐类腐蚀性与耐热性较好； 2.水化热较低； 3.蒸养强度增长较快； 4.潮湿环境中后期强度增长较大	1.早期强度较低； 2.耐冻性较差； 3.干缩性较大； 4.泌水性较大； 5.和易性稍差	1.混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土的地上、地下和水中结构； 2.蒸养构件； 3.大体积混凝土； 4.耐热混凝土	1.对早期强度要求较高的工程； 2.经常受冻融交替作用的工程
火山灰水泥 粉煤灰水泥	GB1344—77 GB1344—77	1.抗腐蚀性和抗水性较好； 2.水化热较低； 3.蒸养强度增长较快； 4.潮湿环境中后期强度增长较大； 5.和易性好	1.早期强度低； 2.耐冻性较差； 3.干缩性较大； 4.吸水性较大	1.混凝土、钢筋混凝土的地上和水中结构； 2.大体积混凝土； 3.蒸养构件	1.对早期强度要求较高的工程； 2.受反复冻融及干湿变化作用的结构； 3.干燥环境的结构； 4.低温施工工程