

ICS 91.100.15
CCS Q 12

DB21

辽宁省地方标准

DB21/T -202×

混凝土矿物掺合料应用技术规程

Application technical specification for concrete mineral admixtures

（征求意见稿）

202×-1×-××发布

202×-0×-××实施

辽宁省住房和城乡建设厅

辽宁省市场监督管理局

联合发布

辽宁省地方标准

混凝土矿物掺合料应用技术规程

Application technical specification for concrete mineral admixtures

DB21/T -202×

批准部门：

实施日期：202×年 ×月 ×日

202X 沈阳

前 言

根据辽宁省住房和城乡建设厅《2025 年度辽宁省住房城乡建设领域工程建设地方标准编制/修订计划》（辽住建科〔2024〕46 号）的通知，辽宁省地方标准《混凝土矿物掺合料应用技术规程》由辽宁省混凝土协会负责主编，会同有关单位，认真总结了全省各市的实践经验，经大量调研和试验，并与有关国家、行业及地方标准进行了协调，在广泛征求意见的基础上编写完成。

本文件共 9 章，7 个附录。主要内容：总则；术语和符号；基本规定；技术要求；试验方法；进场检验与验收；掺合料混凝土的配合比设计；掺合料混凝土的生产与应用；掺合料混凝土的质量检验评定。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别相关专利的责任。

本文件由辽宁省住房和城乡建设厅负责管理，具体解释工作由辽宁省混凝土协会负责。在执行过程中，请各使用单位结合工程实践，认真总结经验，并将意见和建议寄交辽宁省混凝土协会（地址：沈阳市铁西区沈辽中路 6 号 1-1-1，邮政编码 110022，E-mail：lnshntxh@126.com）。

主编单位： 辽宁省混凝土协会
沈阳铭峻新型轨道交通科技有限公司

参编单位： 阜新鑫源粉煤灰建筑材料有限责任公司
鞍钢建设集团有限公司建筑材料分公司
中国三冶集团有限公司
阜新兴华商砼有限公司
辽宁省工程质量检测中心
本溪市城市建设服务中心
锦州市城市建设服务中心

主要起草人： 贺文凯、张硕鹏、王 莹、艾 林、庚大鹏、黄 超、王海春、刘 畅、李洪阁、陈翠红、
宁柱伟、金 延、杨 浩、段会友、宋 卓、周树林、陈 伟、任光宇、王 静、关宏生、
张泽宇、陈柏龙、李一波、段 续、刘东东、李 月、周 雷

主要审查人：

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
4	技术要求	5
4.1	粉煤灰	7
4.2	粒化高炉矿渣粉	8
4.3	硅灰	9
4.4	石灰石粉	9
4.5	钢渣粉	10
4.6	天然沸石粉	11
4.7	复合掺合料	9
4.8	除尘灰	9
4.9	调节掺合料	9
4.10	偏高岭土粉	9
4.11	粉煤灰超细微珠	9
4.12	自燃煤矸石粉	9
5	试验方法	7
6	进场检验与验收	12
7	掺合料混凝土的配合比设计	15
7.1	一般规定	15
7.2	配合比设计	16
8	掺合料混凝土的生产和应用	22
8.1	一般规定	22
8.2	掺合料的存储	23
8.3	混凝土的制备与运输	23
8.4	混凝土的浇筑与成型	26
8.5	混凝土的养护	26
8.6	混凝土的雨期、冬期施工	26
9	掺合料混凝土的质量检验评定	30
附录 A	细度试验方法（负压筛析法）	40
附录 B	胶砂需水量比、流动度比和活性指数试验方法	41
附录 C	含水量试验方法	42
附录 D	天然沸石粉吸铵值试验方法	42
附录 E	石灰石粉亚甲蓝值试验方法	42
附录 F	混凝土强度关系式的建立	42
附录 G	混凝土配合比计算（体积法）	42
	本文件用词说明	43
	引用标准名录	44
	条文说明	47

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms.....	2
3	Basic Regulations.....	4
4	Technical Requirements.....	5
4.1	Fly Ash.....	7
4.2	Ground Granulated Blast Furnace Slag.....	8
4.3	Silica Fume.....	9
4.4	Ground Limestone.....	9
4.5	Steel Slag Powder.....	10
4.6	Zeolite Powder.....	11
4.7	Compound Admixtures.....	9
4.8	Dust Collection Ash.....	9
4.9	Adjustment of Admixture.....	9
4.10	Metakaolin Powder;CMP.....	9
4.11	Fly Ash Cenospheres.....	9
4.12	Spontaneous Combustion Coal Gangue Powder....	9
5	Test Method.....	7
6	Site Material Inspection and Acceptance.....	12
7	Mix Proportion Design of Concrete with Admixture	15
7.1	General Provisions.....	15
7.2	Mix Proportion Design.....	16
8	Production and Construction of Admixture Concrete	22
8.1	General Provisions.....	22
8.2	Storage of Admixtures.....	23
8.3	Concrete Batching,Mixing and Transportation .	23
8.4	Concrete Pouring and forming.....	26
8.5	Concrete Curing.....	26
8.6	Concrete Construction during Rainy and Winter Seasons	26
9	Admixture Concrete Quality Acceptance.....	30
Appendix A	Fineness Test Method(Vacuum Sieving) ...	40
Appendix B	Test Method for the Water Demand Ratio, the Ratio of Fluidity and the Activity Index...	41
Appendix C	Test Method for the Moisture Content...	42
Appendix D	Zeolite Powder Test Method for the Value of Ammonium Absorption	42
Appendix E	Test Method for the Methylene Blue Value of Ground limestone	42
Appendix F	the Establishment of Concrete Strength Relationship	42
Appendix G	Calculation of Concrete Mix (Volume Method)	42
	Explanation of Wording in This Document.....	43

List of Quoted Standards..... 44

Explanation of Provisions..... 44

1 总 则

1.0.1 为规范辽宁地区掺合料在混凝土中的应用技术，提高混凝土工程质量，改善混凝土物理力学及耐久性能，有利于工程建设的可持续发展，特制定本文件。

1.0.2 本文件适用于粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、复合掺合料、石灰石粉、钢渣粉、天然沸石粉、除尘灰、调节掺合料、偏高岭土粉、粉煤灰超细微珠、自燃煤矸石粉等掺合料在混凝土中的应用。

1.0.3 在混凝土中掺用掺合料时，除遵守本文件的规定外，尚应符合国家、行业及辽宁省有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 掺合料 admixture

以硅、铝、钙等一种或多种氧化物为主要成分，并具有规定细度，掺入混凝土中能改善混凝土性能的粉体材料。可分为活性掺合料、惰性掺合料、调节掺合料。

2.0.2 复合掺合料 compound admixtures

由本文件所列的两种或两种以上掺合料按一定比例复合后的粉体材料，或由本文件所列的两种或两种以上的原料，按一定比例混合后，必要时可掺加适量石膏、助磨剂，通过粉磨等物理加工至规定细度的粉体材料。

2.0.3 活性掺合料 active admixture

指在混凝土中起到水化反应的掺合料，活性指数（28d） $\geq 70\%$ 。含大量活性 SiO_2 、 Al_2O_3 （玻璃态/无定形），有水时能与水泥水化产物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 发生火山灰反应，生成 C-S-H 凝胶，贡献后期强度与耐久性。典型：粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、钢渣粉、天然沸石粉、除尘灰、偏高岭土粉、粉煤灰超细微珠。

2.0.4 惰性掺合料 inert admixture

指可改善混凝土性能的掺合料，活性指数（28d） $< 70\%$ ，以结晶态矿物为主，活性极低或无，基本不参与水化反应，仅起物理填充、改善和易性、降低水化热作用。典型：石灰石粉、自燃煤矸石粉。

2.0.5 调节掺合料 adjustment of admixture

指在混凝土中起到调节、改善混凝土性能或完成独立功能的掺合料。典型：减胶剂、增效剂、降粘型复合掺合料、增粘型复合掺合料、防腐降粘型复合掺合料、早强型复合掺合料、蒸养早强型复合掺合料、抗渗型复合掺合料。

2.0.6 粉煤灰 fly ash

从煤粉炉烟道气体中收集的粉体材料，包括原状粉煤灰和磨细粉煤灰，分为 F 类和 C 类。

2.0.7 粒化高炉矿渣粉 ground granulated blast furnace slag

从炼铁高炉中排出的，以硅酸盐和铝硅酸盐为主要成分的熔融物，经淬冷成粒后粉磨所得的粉体材料。

2.0.8 硅灰 silica fume

在冶炼硅铁合金或工业硅时通过烟道排出的粉尘，经收集得到的以无定形二氧化硅为主要成分的粉体材料。

2.0.9 石灰石粉 ground limestone

以一定纯度的石灰石为原料，经粉磨至规定细度的粉状材料或石灰石机制砂生产过程中产生的规定细度的收尘粉。

2.0.10 钢渣粉 steel slag powder

从炼钢炉中排出的，以硅酸盐为主要成分的熔融物，经消解稳定化处理后粉磨所得的粉体材料。

2.0.11 天然沸石粉 zeolite powder

将天然斜发沸石岩或丝光沸石岩磨细制成的粉体材料。

2.0.12 除尘灰 dust collection ash

在冶炼生产烟气净化系统中经除尘装置收集得到的、以硅、铝、铁氧化物为主要成分，可作为混凝土掺合料使用的粉状材料。

2.0.13 混凝土减胶剂 (CRA) cementitious materials-reducing admixture for concrete

在水胶比基本不变条件下、混凝土的坍落度和 28d 抗压强度不降低情况下，能够有效减少胶凝材料用量的化学外加剂。

2.0.14 混凝土增效剂 effect-improving admixture for concrete

以聚合多元醇或醇胺类等非羧酸类羟基化合物为主要组分，能改善新拌混凝土的工作性和匀质性，在胶凝材料用量不变或适当减少的情况下，可提升或保持混凝土性能的外加剂。

2.0.15 偏高岭土粉 metakaolin powder;CMP

含高岭石成分的矿物原料在 600℃~900℃ 温度下煅烧、粉磨，形成主要由无定形硅酸铝颗粒组成的，含有活性三氧化二铝和二氧化硅成分的，在混凝土和砂浆的碱性环境下具有胶凝活性的粉状材料。

2.0.16 胶凝材料 binder

用于配制混凝土的水泥与掺合料的总称。

2.0.17 水胶比 water-binder ratio

混凝土中用水量与胶凝材料用量的质量比。水胶比的倒数称为胶水比。

2.0.18 粉煤灰超细微珠 fly ash cenospheres

从煤粉炉烟道气体中收集的经过预分选的粉体材料，再利用微珠分离提取设备得到的超细微珠。

2.0.19 自燃煤矸石粉 spontaneous combustion coal gangue powder

煤矸石在露天堆积（矸石山）中因含残煤、碳质泥岩或硫化铁等可燃成分氧化积热自燃后的固体废弃物粉磨后形成的粉状材料。

3 基本规定

- 3.0.1 掺合料混凝土，宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。
- 3.0.2 当采用其他品种水泥时，应根据水泥中混合材的品种和掺量，并通过系统试验确定掺合料的品种和掺量。
- 3.0.3 配制混凝土时，宜同时使用掺合料与外加剂，各组分之间应有良好的相容性，掺合料及外加剂的品种和掺量应通过试验确定。
- 3.0.4 当混凝土处在恶劣的环境条件下或对混凝土有耐久性等特殊要求时，应根据其要求选用掺合料。
- 3.0.5 选用本文件以外的掺合料时，应经过充分试验验证之后方可使用。
- 3.0.6 掺合料及掺合料混凝土放射性应符合国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的规定。

4 技术要求

4.1 粉煤灰

4.1.1 粉煤灰的技术要求应按国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的规定执行，并符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 粉煤灰的技术要求

项目		技术要求		
		I 级	II 级	III级
细度（45 μ m， 负压筛） / %	F 类	≤12. 0	≤25. 0	≤45. 0
	C 类			
需水量比/%	F 类	≤95	≤105	≤115
	C 类			
烧失量/%	F 类	≤5. 0	≤8. 0	≤10. 0
	C 类			
含水量/%	F 类	≤1. 0		
	C 类			
三氧化硫/%	F 类	≤3. 0		
	C 类			
游离氧化钙/%	F 类	≤1. 0		
	C 类	≤4. 0		
二氧化硅、三氧化二铝和三氧化二铁总和/%	F 类	≥70. 0		
	C 类	≥50. 0		
密度/（ g/cm ³ ）	F 类	≤2. 6		
	C 类			
安定性（雷氏法） /（ mm）		C 类	≤5. 0	
活性指数/%	28d	F 类	≥70. 0	
		C 类		
铵离子含量		F 类	≤210mg/kg	
		C 类		

4.1.2 磨细粉煤灰

磨细粉煤灰的技术要求应按国家标准《掺合料应用技术规范》GB/T 51003 的规定执行，并符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 磨细粉煤灰的技术要求

项目		技术要求	
		I 级	II 级
比表面积/（m ² /kg）	F 类	≥600	≥400
	C 类		
需水量比/%	F 类	≤95	≤105

		C 类		
烧失量/%		F 类	≤5.0	≤8.0
		C 类		
含水量/%		F 类	≤1.0	
		C 类		
三氧化硫/%		F 类	≤3.0	
		C 类		
游离氧化钙/%		F 类	≤1.0	
		C 类	≤4.0	
二氧化硅、三氧化二铝 和三氧化二铁总和/%		F 类	≥70.0	
		C 类	≥50.0	
密度/（g/cm ³ ）		F 类	≤2.6	
		C 类		
安定性（雷氏法）/ （mm）		C 类	≤5.0	
活性指数/%	28d	F 类	≥70.0	
		C 类		
铵离子含量		F 类	≤210mg/kg	
		C 类		
氯离子含量/%		F 类	≤0.02	
		C 类		

- 4.1.3 安定性试验样品由对比水泥和粉煤灰按 7：3 质量比混合而成。粉煤灰掺量大于 30%时，应按工程实际掺量进行安定性检验。对比水泥应符合 GSB 14-1510 规定的强度检验用水泥标准样品。
- 4.1.4 当粉煤灰采用湿法排放时，含水量由供需双方协商确定。
- 4.1.5 粉煤灰铵离子检验中用于对比分析以减少检验误差的标准样品可采用符合 GSB 08-3912 规定的粉煤灰铵离子含量系列标准样品或其他同等级标准样品。
- 4.1.6 粉煤灰细度试验筛网校正可采用符合 GSB 08-4014 规定的粉煤灰细度标准样品。

4.2 粒化高炉矿渣粉

4.2.1 粒化高炉矿渣粉的技术要求应按国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的规定执行，并符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 粒化高炉矿渣粉的技术要求

项目		技术要求		
		S105	S95	S75
密度/ (g/cm ³)		≥ 2.8		
比表面积/(m ² /kg)		≥ 500	≥ 400	≥ 300
活性指数/%	7d	≥ 95	≥ 75	≥ 55
	28d	≥ 105	≥ 95	≥ 75
流动度比/%		≥ 95		
初凝时间比/%		≤ 200		

含水量（质量分数）/%	≤1.0
三氧化硫（质量分数）/%	≤4.0
氯离子（质量分数）/%	≤0.06
烧失量（质量分数）/%	≤1.0
不溶物（质量分数）/%	≤3.0
玻璃体含量（质量分数）/%	≥85

4.3 硅灰

4.3.1 硅灰的技术要求应按国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的规定执行，并符合表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 硅灰的技术要求

项目		技术要求	
		SF85	SF90
二氧化硅含量/%		≥85.0	≥90.0
含水率		≤3.0	≤2.0
烧失量		≤6.0	≤3.0
细度	45 μm 方孔筛筛余/%	≤8.0	≤5.0
	比表面积/(m ² /kg)	≥15000	≥18000
需水量比/%		≤125	
活性指数/%	28d	≥105	
抑制碱骨料反应性（14d 膨胀率降低值）/%		≥35	
抗氯离子渗透性（28d 电通量之比）/%		≤40	
氯离子含量		≤0.02	

4.3.2 抑制碱骨料反应性（14d 膨胀率降低值）和抗氯离子渗透性（28d 电通量之比）为选择性试验项目，由供需双方协商决定。

4.4 石灰石粉

4.4.1 石灰石粉应的技术要求应按国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》GB/T 35164 的规定执行，并符合表 4.4.1 的规定。

表 4.4.1 石灰石粉的技术要求

项目	技术要求		
	I 级	II 级	III 级
亚甲蓝值(MB 值) g/kg	≤0.5	≤1.0	≤1.4
45 μm 方孔筛筛余/%	A 型		B 型
	≤15		≤45
流动度比/%	≥100		

碳酸钙含量/%		≥75
活性指数/%	7d	≥60
	28d	≥60
含水率/%		≤1.0
总有机碳含量/%		≤0.5

4.5 钢渣粉

4.5.1 钢渣粉的技术要求应按国家标准《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491 的规定执行，并符合表 4.5.1 的规定。

表 4.5.1 钢渣粉的技术要求

项目		技术要求	
		一级	二级
比表面积/（m ² /kg）		≥400	
密度/（g/cm ³ ）		≥3.2	
含水量（质量分数）/%		≤1.0	
游离氧化钙（质量分数）/%		≤3.0	
三氧化硫含量（质量分数）/%		≤4.0	
氯离子含量（质量分数）/%		≤0.06	
活性指数/%	7d	≥65	≥55
	28d	≥80	≥65
流动度比/%		≥95	
安定性	煮沸法	合格	
	压蒸法/%	6h 压蒸膨胀率≤0.50	
碱度系数		≥1.8	

4.5.2 安定性试验样品为钢渣粉和基准水泥按质量 3：7 混合制成。检验用水泥采用符合《混凝土外加剂》GB 8076 的混凝土外加剂性能检验用基准水泥。

4.5.3 安定性压蒸法检验按《水泥压蒸安定性试验方法》GB/T 750 进行，压蒸时间为 6h；煮沸法检验按《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性试验方法》GB/T 1346 中试饼法的规定进行。

4.6 天然沸石粉

4.6.1 天然沸石粉的技术要求应按行业标准《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 566 的规定执行，并符合表 4.6.1 的规定。

表 4.6.1 天然沸石粉的技术要求

项目	技术要求		
	I 级	II 级	III 级
吸铵值/（mmol/100g）	≥130	≥100	≥90
细度（45 μm 方孔筛筛）	≤12	≤30	≤45

余) (质量分数) /%				
活性指数/%	7d	≥90	≥85	≥80
	28d	≥90	≥85	≥80
需水量比/%		≤115		
含水量 (质量分数) /%		≤5.0		
氯离子含量 (质量分数) /%		≤0.06		
硫化物及硫酸盐含量 (按 SO ₃ 质量计) /%		≤1.0		

4.7 复合掺合料

4.7.1 复合掺合料的技术要求应按行业标准《混凝土用复合掺合料》JG/T 486 的规定执行，并符合表 4.7.1 的规定。

表 4.7.1 复合掺合料的技术要求

项目		技术要求
细度 (45 μm 方孔筛筛余) /%		≤12
比表面积 / (m ² /kg)		≥350
流动度比/%		≥100
活性指数/%	7d	≥50
	28d	≥75
含水量 (质量分数) /%		≤1.0
氯离子含量 (质量分数) /%		≤0.06
三氧化硫含量 (质量分数) /%		≤3.5
安定性	沸煮法	合格
	压蒸法	压蒸膨胀率 ≤0.50%
烧失量/%		≤5.0

4.7.2 安定性将复合掺合料试验样品与符合《强度检验用水泥标准样品》GB 14-1510 或合同约定水泥按质量比 3:7 混合均匀。压蒸安定性试验按《水泥压蒸安定性试验方法》GB/T 750 进行，沸煮安定性试验按《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性试验方法》GB/T 1346 进行。

4.7.3 当复合掺合料组分中含有硅灰或磨细粉煤灰时，可不检测细度 (45 μm 方孔筛筛余)。

4.7.4 沸煮法安定性试验仅针对以 C 类粉煤灰、钢渣或钢渣粉中一种或几种为组分的复合掺合料。

4.7.5 压蒸法安定性仅针对以钢或钢渣粉为组分的复合掺合料。

4.8 除尘灰

4.8.1 除尘灰的技术要求应符合表 4.8.1 的规定。

表 4.8.1 除尘灰的技术要求

项目		技术要求
细度（45 μm 方孔筛筛余）/%		≤25.0
需水量比/%		≤105
烧失量/%		≤8.0
活性指数/%	28d	≥70.0
硫化物及硫酸盐含量（按 SO ₃ 质量计）/%		≤3.0
含水量/%		≤1.0
安定性	沸煮法	合格
	压蒸法/%	6h 压蒸膨胀率≤0.50

4.9 调节掺合料

- 4.9.1 减胶剂的技术要求应按标准《混凝土减胶剂》JC/T 2469 的规定执行。
- 4.9.2 增效剂的技术要求应按标准《混凝土增效剂应用技术规程》T/CECS 1085 的规定执行。
- 4.9.3 降粘型复合掺合料、增粘型复合掺合料、防腐降粘型复合掺合料、早强型复合掺合料、蒸养早强型复合掺合料、抗渗型复合掺合料的技术要求应按标准《混凝土用功能型复合矿物掺合料》T/CCES 6004 的规定执行。

4.10 偏高岭土粉

- 4.10.1 偏高岭土粉的技术要求应按国家标准《混凝土和砂浆用偏高岭土粉》GB/T 46064 的规定执行。

4.11 粉煤灰超细微珠

- 4.11.1 粉煤灰超细微珠的技术要求应符合表 4.11.1 的规定。

表 4.11.1 粉煤灰超细微珠的技术要求

项目		技术要求
比表面积/（m ² /kg）		≥700
需水量比/%		≤95
烧失量/%		≤5.0
活性指数/%	28d	≥70.0
三氧化硫/%		≤3.0
含水量/%		≤1.0
安定性（C 类粉煤灰、沸煮法）		合格

4.12 自燃煤矸石粉

- 4.12.1 自燃煤矸石粉的技术要求应符合表 4.12.1 的规定。

表 4.12.1 自燃煤矸石粉的技术要求

项目		技术要求
细度（45 μ m 方孔筛筛余）/%		≤20
流动度比/%		≥85
烧失量/%		≤8.0
硫化物及硫酸盐含量（按 SO ₃ 质量计）/%		≤3.5
含水量/%		≤1.0
活性指数/%	28d	≥65
氯离子含量/%		≤0.06
安定性	沸煮法	合格
	压蒸法/%	6h 压蒸膨胀率≤0.50

5 试验方法

5.0.1 不同掺合料、不同项目的试验方法应按表 5.0.1 的规定执行。

表 5.0.1 试验方法

序号	名 称	检测项目	试验方法
1	粉煤灰、磨细粉煤灰	细度（负压筛析法）、需水量比、活性指数、含水量	附录A、附录B、附录C
		细度（比表面积）	《水泥比表面积测定方法 勃氏法》GB/T 8074 《气体吸附BET法测定固态物质比表面积》GB/T 19587
		烧失量；三氧化硫；游离氧化钙；二氧化硅、三氧化二铝和三氧化二铁总和；氯离子含量；碱含量	《水泥化学分析方法》GB/T 176
		安定性（雷氏法、C类粉煤灰）	《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346
		密度	《水泥密度测定方法》GB/T 208
		铵离子含量	《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701
		放射性	将粉煤灰与符合GB 175要求的硅酸盐水泥按质量比1：1混合均匀制备样品 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
		半水亚硫酸钙	《石膏化学分析方法》GB/T 5484
2	粒化高炉矿渣粉	流动度比、活性指数、含水量	附录B、附录C
		比表面积	《水泥比表面积测定方法 勃氏法》GB/T 8074
		密度	水泥密度测定方法GB/T 208
		初凝时间比、玻璃体含量	《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
		三氧化硫、氯离子、烧失量、不溶物	《水泥化学分析方法》GB/T 176
		放射性	《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
3	硅灰	需水量比、活性指数、含水率	附录B、附录C
		二氧化硅含量、烧失量、总碱量、氯离子含量	《水泥化学分析方法》GB/T 176
		细度（45 μm方孔筛筛余）	《水泥细度检验方法 筛析法》GB/T 1345中的水筛法
		细度（比表面积）	《气体吸附BET法测定固态物质比表面积》GB/T 19587
		放射性	《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
		抑制碱骨料反应性（14d膨胀率降低值）	《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T27690
		抗氯离子渗透性（28d电通量之	《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标

		比)	准》GB/T 50082《混凝土外加剂》GB 8076
		堆积密度	《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690
4	石灰石粉	细度（负压筛析法）、流动度比、活性指数、含水率	附录A、附录B、附录C
		亚甲基蓝值(MB值)	附录E
		细度（比表面积）	《水泥比表面积测定方法 勃氏法》GB/T 8074，空隙率取0.53
		碳酸钙含量	《建材用石灰石、生石灰和熟石灰化学分析方法》GB/T 5762
		总有机碳含量	《石灰石中总有机碳的测定方法》GB/T 35151
		碱含量	《水泥化学分析方法》GB/T 176
		放射性核素限量	《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
5	钢渣粉	流动度比、活性指数、含水量	附录B、附录C
		细度（比表面积）	《水泥比表面积测定方法 勃氏法》GB/T 8074
		密度	《水泥密度测定方法》GB/T 208
		游离氧化钙（质量分数）	《钢渣中游离氧化钙含量测定方法》YB/T 4328
		三氧化硫含量、氯离子含量	《水泥化学分析方法》GB/T 176
		安定性（沸煮法）	《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346
		安定性（压蒸法）	《水泥压蒸安定性试验方法》GB/T 750
		碱度系数	《钢渣化学分析方法》YB/T 140
6	天然沸石粉	细度（45 μm筛余）、需水量比、活性指数、含水量	附录A、附录B、附录C
		吸铵值/（mmol/100g）	附录D
		氯离子含量、硫化物及硫酸盐含量	《水泥化学分析方法》GB/T 176
		放射性	《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
7	复合掺合料	细度（45 μm筛余）、流动度比、活性指数、含水量	附录A、附录B、附录C
		细度（比表面积）	《水泥比表面积测定方法 勃氏法》GB/T 8074
		氯离子含量、三氧化硫含量、碱含量	《水泥化学分析方法》GB/T 176
		安定性（沸煮法）	《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346
		安定性（压蒸法）	《水泥压蒸安定性试验方法》GB/T 750
		放射性	《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
		烧失量	《水泥化学分析方法》GB/T 176
8	除尘灰	细度（45 μm筛余）、需水量比、活性指数、含水量	附录A、附录B、附录C
		烧失量、氧化镁、硫化物及硫酸盐含量	《水泥化学分析方法》GB/T 176
		安定性（沸煮法）	《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346
		安定性（压蒸法）	《水泥压蒸安定性试验方法》GB/T 750

9	减胶剂、增效剂	氯离子含量、总碱量、PH值、密度	《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077
		减水率、凝结时间差、抗压强度比、28d收缩率比	《混凝土外加剂》GB/T 8076
		含气量增加值	《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080
		28d碳化深度、50次冻融循环抗压强度损失率比（慢冻法）	《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082
10	偏高岭土粉	细度（45 μm方孔筛筛余）	《水泥细度检验方法 筛析法》GB/T 1345-2005 手工筛析法
		需水量比、活性指数	《混凝土和砂浆用偏高岭土粉》GB/T 46064
		含水量	附录C
		烧失量	《高岭土及其试验方法》GB/T 14563
		三氧化二铝、二氧化硅、氧化镁、氧化钙、三氧化二铁	《玻璃纤维及原料化学元素的测定 X射线荧光光谱法》GB/T 43309或《高岭土及其试验方法》GB/T 14563或《水泥化学分析方法》GB/T 176
		氯离子	《玻璃纤维及原料化学元素的测定 X射线荧光光谱法》GB/T 43309或《水泥化学分析方法》GB/T 176
		三氧化硫	《玻璃纤维及原料化学元素的测定 X射线荧光光谱法》GB/T 43309或《高岭土及其试验方法》GB/T 14563
		氢氧化钙溶液PH值	《混凝土和砂浆用偏高岭土粉》GB/T 46064
		白度值	《建筑材料与非金属矿产品白度测量方法》GB/T 5950
11	粉煤灰超细微珠	细度（比表面积）	《气体吸附BET法测定固态物质比表面积》GB/T 19587
		需水量比、活性指数、含水量	附录B、附录C
		烧失量、氧化镁、三氧化硫	《水泥化学分析方法》GB/T 176
		安定性（沸煮法）	《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346
12	自燃煤矸石粉	细度（45 μm筛余）、流动度比、活性指数、含水量	附录A、附录B、附录C
		烧失量、氧化镁、硫化物及硫酸盐含量、二氧化硅、三氧化二铝、氯离子	《水泥化学分析方法》GB/T 176
		安定性（沸煮法）	《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346
		安定性（压蒸法）	《水泥压蒸安定性试验方法》GB/T 750

5.0.2 降粘型复合掺合料、增粘型复合掺合料、防腐降粘型复合掺合料、早强型复合掺合料、蒸养早强型复合掺合料、抗渗型复合掺合料的试验方法应按标准《混凝土用功能型复合矿物掺合料》T/CCES 6004 的规定执行。

6 进场检验与验收

6.0.1 掺合料进场应按批进行检验与验收，检验项目应按本章的规定执行，检验结果应符合本文件第4章的规定。供应单位应提供产品合格证或出厂检验报告。合格证或出厂检验报告的内容应包括：厂名、产地、合格证或检验报告编号、级别、生产日期、代表数量及本批检验结果和结论等。供应单位应根据掺合料的产品标准和本文件第4章技术要求，按期提供有效的型式检验报告。

6.0.2 掺合料进场时，应按下列规定及时取样检验：

1 取样方法应符合以下规定：

1) 散装掺合料：应从每批连续购进的任意罐体中不少于3个部位各取等量试样一份，每份不少于5.0kg，混合搅拌均匀，用四分法缩取比试验需要量大一倍的试样量；

2) 袋装掺合料：应从每批中随机抽取10袋，从每袋中各取等量试样一份，每份不少于1.0kg，混合搅拌均匀，用四分法缩取比试验需要量大一倍的试样量。

2 掺合料检验项目、组批条件及批量应符合表6.0.2规定。

表6.0.2 掺合料进场检验项目、组批条件及批量

序号	名称	必检项目	检验批
1	粉煤灰、磨细粉煤灰	细度、需水量比、烧失量、安定性（C类粉煤灰）、活性指数	同一厂家、品种、规格且连续进场的粉煤灰不超过200t为一个检验批
2	粒化高炉矿渣粉	比表面积、流动度比、活性指数	粒化高炉矿渣粉不超过500t为一个检验批
3	硅灰	需水量比、烧失量、活性指数	硅灰不超过30t为一个检验批
4	石灰石粉	细度、活性指数、流动度比、MB值	同一矿源、同一厂家、品种、规格且连续进场的石灰石粉不超过200t为一个检验批
5	钢渣粉	比表面积、流动度比、安定性、活性指数	同一厂家、品种、规格且连续进场的钢渣粉不超过200t为一个检验批
6	天然沸石粉	细度、需水量比、活性指数、吸铵值	天然沸石粉不超过120t为一个检验批。
7	复合掺合料	细度（筛余量或比表面积）、流动度比、活性指数、烧失量	复合掺合料不超过500t为一个检验批。
8	除尘灰	细度、需水量比、烧失量、硫化物及硫酸盐含量、安定性、活性指数	同一厂家、品种、规格且连续进场的粉煤灰不超过200t为一个检验批
9	减胶剂、增效剂	减水率、凝结时间差、抗压强度比、	同一品种不超过50t为一个检验批
10	降粘型掺合料	细度、流动度比、黏度比、抗压强度比	同一品种不超过200t为一个检验批
11	增粘型掺合料	细度、流动度比、黏度比、抗压强度比	同一品种不超过200t为一个检验批
12	防腐降粘型掺合料	细度、黏度比、抗压强度比	同一品种不超过200t为一个检验批
13	早强型掺合料	细度、流动度比、抗压强度比	同一品种不超过200t为一个检验批
14	蒸养早强型	细度、流动度比、蒸养抗压强度比	同一品种不超过200t为一个检验批

	掺合料		
15	抗渗型复合掺合料	细度、抗压强度比、抗渗性能	同一品种不超过200t为一个检验批
16	偏高岭土粉	细度、需水量比、活性指数、烧失量	相同产品标识不超过50t为一个检验批
17	粉煤灰超细微珠	细度、需水量比、烧失量、活性指数、安定性	同一品种不超过200t为一个检验批
18	自燃煤矸石粉	细度、流动度比、烧失量、活性指数、硫化物及硫酸盐含量、氯离子、安定性	同一品种不超过100t为一个检验批

6.0.3 掺合料的验收应按批进行，符合本文件检验项目技术要求的方可使用。

7 掺合料混凝土的配合比设计

7.1 一般规定

7.1.1 掺合料混凝土配合比设计，应根据设计要求的强度等级、强度保证率、混凝土耐久性和工作性能等要求，采用工程实际使用的原材料，按行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定进行。对有特殊要求的掺合料混凝土，其配合比设计尚应符合国家有关标准的规定。

7.1.2 钢筋混凝土中掺合料最大掺量宜符合表 7.1.2-1 的规定；预应力钢筋混凝土中掺合料最大掺量宜符合表 7.1.2-2 的规定。

表 7.1.2-1 钢筋混凝土中掺合料最大掺量

掺合料种类	水胶比	最大掺量 (%)	
		采用硅酸盐水泥	采用普通硅酸盐水泥
粉煤灰 (F类II级)	≤0.40	45	35
	>0.40	40	30
粒化高炉矿 渣粉	≤0.40	65	55
	>0.40	55	45
硅灰	—	10	10
石灰石粉	≤0.40	35	25
	>0.40	30	20
钢渣粉	—	30	20
天然沸石粉	—	15	15
复合掺合料	≤0.40	65	55
	>0.40	55	45
除尘灰	—	30	25
偏高岭土粉	—	10	10
粉煤灰超细 微珠	—	45	35
自燃煤矸石 粉	—	30	20

注：1、C 类粉煤灰（高钙灰）用于结构混凝土时，应安定性合格，其掺量不宜超过 20%，并应通过混凝土试验确定，但不应超过表 7.1.2-1 中 F 类 II 级粉煤灰的规定限量。

2、在素混凝土中，粉煤灰的级别和最大掺量可不受表 7.1.2-1 规定的限制。

3、对强度等级 C20 及以下混凝土，当烧失量不大于 8% 时，粉煤灰的级别及最大掺量可不受表 7.1.2-1 规定的限制。

4、采用其他通用硅酸盐水泥时，宜将水泥混合材掺量 20% 以上的混合材量计入掺合料。

5、复合掺合料各组分的掺量不宜超过单掺时的最大掺量。

6、在混合使用两种或两种以上掺合料时，掺合料总掺量应符合表中复合掺合料的规定。

7、其他功能型复合掺合料总掺量应符合表中复合掺合料的规定。

8、对 F 类 I 级粉煤灰、S105 级粒化高炉矿渣粉单掺时的最大掺量可增加 5%

9、对大体积混凝土，粉煤灰、粒化高炉矿渣粉和复合掺合料的最大掺量可增加 5%。

10、粉煤灰超细微珠的总掺量应符合表 7.1.2-1 中 F 类粉煤灰的规定限量。

表7.1.2-2 预应力钢筋混凝土中掺合料最大掺量

掺合料种类	水胶比	最大掺量 (%)	
		采用硅酸盐水泥	采用普通硅酸盐水泥
粉煤灰 (F类II级)	≤0.40	35	30
	>0.40	25	20
粒化高炉矿 渣粉	≤0.40	55	45
	>0.40	45	35
硅灰	—	10	10
石灰石粉	≤0.40	30	20
	>0.40	25	15
钢渣粉	—	20	10
复合掺合料	≤0.40	55	45
	>0.40	45	35

注：1、采用其他通用硅酸盐水泥时，宜将水泥混合材掺量 20%以上的混合材量计入掺合料。

2、复合掺合料各组分的掺量不宜超过单掺时的最大掺量。

3、在混合使用两种或两种以上掺合料时，掺合料总掺量应符合表中复合掺合料的规定。

4、其他功能型复合掺合料总掺量应符合表中复合掺合料的规定。

5、对 F 类 I 级粉煤灰、S105 级粒化高炉矿渣粉单掺时的最大掺量可增加 5%。

6、对大体积混凝土，粉煤灰、粒化高炉矿渣粉和复合掺合料的最大掺量可增加 5%。

7.1.3 应根据掺合料的技术指标、混凝土性能、工程特点和环境条件等因素，确定掺合料的品种和掺量，并应符合下列规定：

1 混凝土的水胶比较小、浇注温度与气温较高、混凝土强度验收龄期较长时，掺合料宜采用较大掺量；

2 大体积混凝土、地下工程混凝土、水下工程混凝土及有抗腐蚀要求的混凝土，掺合料宜采用较大掺量；

3 对于最小截面尺寸小于 150mm 的构件，掺合料宜采用较小掺量；

4 对早期强度要求较高或环境温度较低条件下施工的混凝土，掺合料宜采用较小掺量；

5 受冻融作用的混凝土，不宜采用粉煤灰作掺合料；受除冰盐作用的混凝土，不得采用粉煤灰作掺合料；对压光混凝土地面，不得使用粉煤灰，不宜使用矿渣粉。

7.1.4 C 类粉煤灰不得用于硫酸盐侵蚀环境下的混凝土、掺加膨胀剂和掺防水剂的混凝土。

7.1.5 在低温、硫酸盐侵蚀环境中，石灰石粉混凝土的性能应经试验确认。

7.1.6 III 级粉煤灰、III 级天然沸石粉、自燃煤矸石粉、除尘灰仅用于素混凝土。

7.2 配合比设计

7.2.1 混凝土的配合比设计应根据设计要求的强度等级、实际使用的原材料及其他性能要求确定配制强度，选择用水量和砂率。

7.2.2 混凝土工作性能应根据结构部位、施工方式和原材料特点确定，应满足施工性能的要求。混凝土的工作性能和施工性能应符合辽宁省地方标准《预拌混凝土应用技术规程》DB21/T 1304 的规定。

7.2.3 掺合料混凝土宜进行系统配合比试验，建立混凝土强度与胶水比关系式（按附录 F 计算）；并根据设计和施工要求，按试验建立的强度关系式计算混凝土的胶水比、胶凝材料和其它

组分的用量。也可采用体积法进行配合比计算（按附录 G）。

7.2.4 掺合料用量按下式确定：

$$M_f = M_b \beta_b \quad (7.2.4)$$

式中： β_b —掺合料占胶凝材料总量的百分率（%）；

M_f —每立方米混凝土中的掺合料用量（ kg/m^3 ）；

M_b —每立方米混凝土中的胶凝材料用量（ kg/m^3 ）。

其中： β_b 根据工程所处的环境条件和结构特点按本文件7.1的规定选取。

7.2.5 掺合料混凝土的最小胶凝材料用量及最大水胶比应按行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55和有关国家标准的要求控制。

7.2.6 掺合料混凝土中水泥用量按下式确定：

$$M_c = M_b - M_f \quad (7.2.6)$$

式中： M_c —每立方米混凝土中的水泥用量（ kg/m^3 ）。

7.2.7 按质量法或体积法确定每立方米混凝土的砂、石用量，最后通过试配调整混凝土配合比直至符合要求，并应根据工程设计和合同要求对设计配合比进行施工适用性调整，然后确定施工配合比。

7.2.8 外加剂的掺量应按胶凝材料总量的百分比计。

8 掺合料混凝土的生产和应用

8.1 一般规定

8.1.1 掺合料混凝土生产和应用除应按本章规定执行外，尚应符合国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902、《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土质量控制标准》GB 50164、《大体积混凝土施工标准》GB 50496、《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T104、《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204及辽宁省地方标准《预拌混凝土应用技术规程》DB21/T 1304等有关标准的规定。

8.1.2 掺合料混凝土所用材料除应符合本文件第4章的规定外，尚应满足下列要求：

1 掺合料在运输中应有明显标识，严禁与其他材料混杂，防止受潮。

2 掺合料进场后，应进行外加剂和胶凝材料的适应性验证试验，确定选用外加剂和掺合料的品种及掺量。

8.1.3 混凝土试件应在浇筑地点随机取样，同一工程、同一配合比的混凝土取样和交货检验应按辽宁省地方标准《预拌混凝土应用技术规程》DB21/T 1304的规定执行。

8.1.4 应控制混凝土拌合物中氯化物和碱含量，根据需要提供混凝土中氯化物含量和碱含量计算书。

8.2 掺合料的存储

8.2.1 散装掺合料存储时，应有明确标识，不得混仓，不得受潮。

8.2.2 袋装掺合料存储时，不得受潮。

8.2.3 掺合料存储超过 3 个月时，应进行复检，符合要求后方可使用。

8.3 混凝土的制备与运输

8.3.1 掺合料混凝土生产时，应采用强制式搅拌机，搅拌时间应由试验确定。

8.3.2 掺合料的每盘计量允许偏差应为 $\pm 2\%$ ，累计计量允许偏差应为 $\pm 1\%$ 。

8.3.3 掺合料应与水泥采取相同的输送和计量方式，同时加入搅拌机中。

8.3.4 运输掺合料混凝土时，应保持混凝土拌合物的匀质性，不发生离析现象。

8.3.5 掺合料混凝土的制备与运输，尚应符合辽宁省地方标准《预拌混凝土应用技术规程》DB21/T 1304的有关规定。

8.4 混凝土的交货检验

8.4.1 掺合料混凝土交货检验应按辽宁省地方标准《预拌混凝土应用技术规程》DB21/T 1304的规定执行。

8.5 混凝土的浇筑与成型

8.5.1 掺合料混凝土拌合物的泵送应符合行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10的要求，浇筑与成型应符合辽宁省地方标准《预拌混凝土应用技术规程》DB21/T1304的要求。

8.5.2 掺合料混凝土在运输、泵送、浇筑过程中严禁加水。到达现场的混凝土工作性能不能满足要求时，应由混凝土供货单位的试验员进行现场调整。现场二次流化宜使用配制好的非引气型液

体流化剂。当使用非引气型粉状流化剂时，拌合水量应以能够溶解流化剂为准。现场加入外加剂的掺量和快速搅拌时间应有经试验确定的预案。

8.5.3 不同配合比或不同强度等级泵送混凝土在同一时间段交替浇筑时，输送管道中的混凝土不得混入其他不同配合比或不同强度等级混凝土。

8.5.4 浇筑掺合料混凝土时，坍落度的允许偏差应符合表8.5.4的要求。

表8.5.4 混凝土坍落度的允许偏差（mm）

要求坍落度	允许偏差
≤40	±10
50-90	±20
≥100	±30

8.5.5 浇筑掺合料混凝土时，应避免漏振或过振。振捣后的混凝土表面不应出现明显的浮浆层。

8.5.6 对大体积掺合料混凝土应采取措施控制其温度收缩裂缝，并按大体积混凝土施工方法和措施进行施工。

8.6 混凝土的养护

8.6.1 施工现场应提前准备好混凝土养护用材料及装置。掺合料混凝土浇筑成型后，应根据环境情况采取适合的方法进行保湿养护。如延长拆模时间、覆盖薄膜、覆盖保湿物、喷雾、洒水、蓄水、喷涂养护剂等。

注：在高温季节或大风、日照较强等环境中或水胶比小于0.40的掺合料混凝土浇筑成型后应立即覆盖或采用其他保湿措施，如喷雾等。

8.6.2 掺合料混凝土的湿养护时间不应少于7d，有缓凝和抗渗要求的掺合料混凝土的保湿养护时间不应少于14d；当气温较低或在干燥环境下应适当延长养护时间。

8.7 混凝土的雨期、冬期施工

8.7.1 当无全遮盖措施时，雨天不宜施工，大雨时不应施工。

8.7.2 掺合料混凝土的工程冬期施工应有完整的冬期施工方案，并应符合标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104的有关规定。

9 掺合料混凝土的质量检验评定

9.0.1 混凝土拌合物性能和强度等质量检验评定，应按国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902、《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107、辽宁省地方标准《预拌混凝土应用技术规程》DB21/T 1304和国家有关标准规定执行。

9.0.2 对工程设计有长期性能和耐久性要求的混凝土，应按行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的规定执行。

9.0.3 对工程设计有特殊要求的混凝土，应符合设计要求和合同规定的要求。

9.0.4 混凝土强度验收龄期，应符合工程设计要求。

附录 A 细度试验方法（负压筛析法）

（规范性）

A.1 范围

本附录规定了 $45\mu\text{m}$ 和 $80\mu\text{m}$ 方孔标准筛的粉煤灰、石灰石粉、天然沸石粉、复合掺合料、除尘灰和自燃煤矸石粉细度的试验方法。

A.2 原理

利用旋转喷嘴喷出的高速气流使粉状物料分散开，在密闭系统内维持稳定负压，可以加速小于筛网孔径的细颗粒穿过筛网，而粗颗粒滞留在筛网上成为筛余物。用筛余物与粉状物料的质量分数来表示细度。

为保持筛孔的标准度，在用试验筛应用已知的标准样品来标定。

A.3 仪器设备和环境条件

A.3.1 试验筛应符合《水泥细度检验方法 筛析法》GB/T 1345 的规定。

A.3.2 负压筛析仪

筛析仪的组成等要求应符合《水泥标准筛和筛析仪》JC/T 728 的规定，喷气嘴上口平面与筛网之间距离应在 $2\text{mm}\sim 8\text{mm}$ 。

A.3.3 天平

最大称量应不小于 100g ，分度值应不大于 0.01g 。

A.3.4 实验室环境条件

进行负压筛析试验时，实验室相对湿度应不大于 50% 。

A.4 试验步骤

A.4.1 采用四分法或缩分器将试样缩分至约 100g ，将试样通过 0.9mm 方孔筛，在密闭的干燥、洁净瓶内摇动 $1\text{min}\sim 2\text{min}$ 使样品混匀。

A.4.2 试样置于温度为 $105^{\circ}\text{C}\sim 110^{\circ}\text{C}$ 烘干箱内烘至恒重，取出放在干燥器中冷却至室温。

A.4.3 称取试样 10g 或 25g ，精确至 0.01g ，倒入 $45\mu\text{m}$ 或 $80\mu\text{m}$ 方孔筛筛网上，将筛子置于筛座上，盖上筛盖。

A.4.4 接通电源，筛析时间总计 3min 。在筛析过程中，发现有细灰吸附在筛盖上，可用木锤轻轻敲打筛盖，使吸附在筛盖的灰落下。筛析 2min 后停机观察，如有结块、成球、粘筛或有细颗粒沉积在筛框边缘，将细颗粒用料勺轻轻压散或毛刷轻轻刷开，并在筛框边缘轻敲料勺或毛刷将粘附在料勺或毛刷上的试样落入筛网中，盖上筛盖后继续筛析 1min 即可。

A.4.5 开始工作后，观察负压表，使负压稳定在 $4500\text{Pa}\sim 5500\text{Pa}$ ；若负压小于 4500Pa ，则应停机，清理收尘器的积灰后再进行筛析。

A.4.6 如果筛余中含有较多大颗粒物料或结块现象应在记录中说明

A.4.7 方孔筛应保持洁净，筛孔通畅，使用 10 次后宜进行清洗，清洗时应使用专门的清洗剂，不可用弱酸浸泡。

A.5 试验结果及处理

A.5.1 将筛网内的筛余物收集并称量，准确至 0.01g。

A.5.2 对于 45 μm 或 80 μm 方孔筛筛余，应按下式（A-1）计算：

$$F=C \times \frac{m_1}{m} \times 100\% \quad (\text{A.5.2})$$

式中：

F—45 μm 或 80 μm 方孔筛筛余，计算至 0.01%；

m₁—筛余物的质量（g）；

m—称取试样的质量（g）；

C—筛网校正系数。

A.5.3 结果的处理

1 每个称取两个样品别筛析，取筛余物质量分数的平均值为筛析结果。

2 80 μm 筛析试验，若两次筛析结果绝对值相差大于 0.20%时，应再做一次试验，取两次相近结果的算术平均值作为最终结果。若第三次结果仍不满足要求，则本组试验作废。

3 45 μm 筛析试验，若两次筛析结果绝对值相差大于 0.50%时，应再做一次试验，取两次相近结果的算术平均值作为最终结果。若第三次结果仍不满足要求，则本组试验作废。

A.6 筛网的校正

A.6.1 标定操作

将 GSB 08-3914 水泥细度（筛析法）标准样品开封，用毛刷扫掉瓶口外处水泥后倒入干燥、洁净的不小于 200ml 的磨口瓶内，盖好瓶盖摇动 1min~2min, 使样品松散。静置 2min。按本文件 A.4 进行试验，每个试验筛的标定应称取两次标准样品，连续进行试验，中间不应插做其他样品。

A.6.2 标定结果处理

1 两次结果的平均值为最终值。

2 80 μm 筛析试验，若两次筛析结果绝对值相差大于 0.12%，应第三次称量标准样品进行试验，并取结果相近的两个值的平均值作为最终结果。若第三次结果仍不满足要求时，则本组试验作废。

3 45 μm 筛析试验，若两次筛析结果绝对值相差大于 0.30%时，应第三次称量标准样品进行试验，并取结果相近的两个值的平均值作为最终结果。若第三次结果仍不满足要求，则本组试验作废。

A.6.3 筛网校正系数按下式计算：

$$C=F_s/F_t \quad (\text{A.6.1})$$

式中：

C—试验筛校正系数，计算至 0.01；

F_s—标准样品的筛余物质量分数标准值；

F_t—标准样品在试验筛上的筛余物质量分数。

注：1、筛网校正系数范围 0.80~1.20，超出该范围筛网不得用于试验；

2、80 μm 试验筛使用 80 次后，45 μm 试验筛使用 50 次后都应重新进行标定。

附录 B 胶砂需水量比、流动度比和活性指数试验方法

(规范性)

B.1 范围

B.1.1 本附录规定了粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、石灰石粉、钢渣粉、天然沸石粉、复合掺合料、除尘灰、粉煤灰超细微珠和自燃煤矸石胶砂需水量比、流动度比和活性指数的试验方法。

B.1.2 试验应采用国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671 中所规定的仪器。

B.2 原理

利用受检(试验)样品和对比样品在相同条件下达到相同的指标所需条件数值或者达到不同指标的比值来表示采检样品与对比样品的差异。

B.3 试验用材料

B.3.1 试验粉煤灰应采用 GSB 14-1510 强度检验用水泥标准样品,其他掺合料应采用符合国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 规定的基准水泥或合同约定水泥。

B.3.2 试验应采用符合国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671 规定的标准砂。

B.3.3 试验应采用自来水或蒸馏水。

B.3.4 天然沸石粉应采用气干样,不应进行烘干处理。

B.4 试验条件及方法

B.4.1 实验室和设备应符合国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671 的规定。试验用各种材料和用具应预先放在实验室内,使其达到实验室相同温度。

B.4.2 进行需水量比试验时,其胶砂配合比应按表 B.4.2 选用。

表 B.4.2 胶砂配合比

材料	对比胶砂	受检胶砂		
		粉煤灰*	硅灰	天然沸石粉**
水泥(g)	450±2	315±1	405±1	405±1
掺合料(g)	—	135±1	45±1	45±1
ISO 砂(g)	1350±5	1350±5	1350±5	1350±5
水(mL)	225±1	按使受检胶砂流动度达到对比胶砂 流动度值±5mm 调整		

注:1 表 B.3.2 所示均为一次搅拌量。

2 *可在合同中约定买卖双方均选择采用国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 附录中粉煤灰需水量的试验方法。

3 **可在合同中约定买卖双方均选择采用行业标准《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 566 附录中天然沸石粉需水量的试验方法。

B.4.3 进行流动度比及活性指数试验时,其胶砂配合比应按表 B.4.3 选用。

表 B. 4. 3 胶砂配合比

材料	对比胶砂	受检胶砂		
		粒化高炉 矿渣粉	粉煤灰 钢渣粉 石灰石粉 复合掺合料**	硅灰 天然沸石粉*
水泥 (g)	450±2	225±1	315±1	405±1
掺合料 (g)	—	225±1	135±1	45±1
ISO 砂 (g)	1350±5	1350±5	1350±5	1350±5
水 (mL)	225±1			

注：1 表 B. 4. 3 所示均为一次搅拌量。

2 *在此天然沸石粉只进行活性指数检验。

3 **可在合同中约定买卖双方均选择采用行业标准《混凝土用复合掺合料》JG/T 486 附录中复合掺合料流动比、活性指数的试验方法。

B. 5 试验步骤

B. 5. 1 试验时，应先将水加入搅拌锅里，再加入预先混匀的水泥和掺合料，把锅放置在固定架上，上升至固定位置。然后按国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 进行搅拌，开动机器后，低速搅拌 30s 后，在第二个 30s 开始的同时均匀地将砂子加入。当各级砂是分装时，从最粗粒级开始，依次将所需的每级砂量加完。把机器调至高速再搅拌 30s。停拌 90s，在停拌开始的 15s，将搅拌锅放下，用刮刀将叶片和锅具上的胶砂刮入锅中。再在高速下继续搅拌 60s。各个搅拌阶段，时间误差应在±1s 以内。胶砂搅拌机按以上程序进行搅拌，可以采用自动控制，也可以采用手动控制。

B. 5. 2 试体应按国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的有关规定进行制备。

B. 5. 3 试体脱模前的处理和养护、脱模、水中养护应按国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的有关规定进行。

B. 5. 4 除 24h 龄期或延迟至 48h 脱模的试体外，任何到龄期的试体应在试验（破型）前提前从水中取出。揩去试体表面沉积物，并用湿布覆盖至试验为止。试体龄期是从水泥加水搅拌开始试验时算起。不同龄期强度试验应在下列时间里进行：

- 1 24h±15min；
- 2 48h±30min；
- 3 72h±45min；
- 4 7d±2h；
- 5 28d±8h。

B. 6 试验结果及处理

B. 6. 1 根据本文件第 B. 3. 2 条的胶砂配合比，测得受检砂浆的用水量，应按下式计算相应掺合料的需水量比，计算结果取整数。

$$R_w = W_t / 225 \times 100 \quad (B. 6. 1)$$

式中：R_w—受检胶砂的需水量比（%）；

W_t—受检胶砂的用水量（g）；

225—对比胶砂的用水量（g）。

B.6.2 根据本文件第 B.3.3 条的胶砂配合比，应按国家标准《水泥胶砂流动度测定方法》GB/T 2419 进行试验，分别测定对比胶砂和受检胶砂的流动度，按下式计算受检胶砂的流动度比，计算结果取整数。

$$F = L_t / L_0 \times 100 \quad (\text{B.6.2})$$

式中：F—受检胶砂的流动度比（%）；

L_t —受检胶砂的流动度（mm）；

L_0 —对比胶砂的流动度（mm）。

B.6.3 在测得相应龄期对比胶砂和受检胶砂抗压强度后，应按下式计算掺合料相应龄期的活性指数，计算结果取整数。

$$A = R_t / R_0 \times 100 \quad (\text{B.6.3})$$

式中：A—掺合料的活性指数（%）；

R_t —受检胶砂相应龄期的强度（MPa）；

R_0 —对比胶砂相应龄期的强度（MPa）。

附录 C 含水量试验方法

(规范性)

C.1 范围

本附录规定了粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、石灰石粉、钢渣粉、天然沸石粉、复合掺合料、除尘灰、偏高岭土粉、粉煤灰超细微珠、自燃煤矸石粉含水量的试验方法。

C.2 原理

将掺合料放入规定温度的烘干箱内并应烘至恒重，以烘干前和烘干后的质量之差与烘干前的质量之比确定掺合料的含水量。

C.3 仪器设备和环境条件

C.3.1 试验用烘干箱可控制温度不得低于 110℃，最小分度值不大于 1℃。

C.3.2 试验用天平量程不得小于 100g，最小分度值不得大于 0.01g。

C.3.3 进行掺合料含水量试验时，实验室相对湿度应不大于 50%。

C.4 试验步骤

C.4.1 称取掺合料试样约 50g，应准确至 0.01g，倒入蒸发皿中。

C.4.2 将烘干箱温度进行调整并应控制在 105℃～110℃。

C.4.3 将掺合料试样放入烘干箱内并应烘至恒重，重复上述过程直至连续两次称重之差不大于 0.02g，取出放在干燥器中冷却至室温后称量，准确至 0.01g。

C.5 试验结果及处理

C.5.1 含水量应按下列式计算：

$$W=[(\omega_1-\omega_0)/\omega_1]\times 100\% \quad (C.5.1)$$

式中：W—含水量，计算至 0.1%；

ω_1 —烘干前试样的质量 (g)；

ω_0 —烘干后试样的质量 (g)。

C.5.2 每个样品应称取两个试样进行试验，取两个试样含水量的算术平均值为试验结果。当两个试验含水量的绝对差值大于 0.2% 时，应重新试验。

附录 D 天然沸石粉吸铵值试验方法

(规范性)

D.1 范围

本附录规定了天然沸石粉吸铵值的试验方法。

D.2 原理

吸铵值试验方法的原理是将样品与氯化铵溶液共热,使 NH_4^+ 被天然沸石粉充分吸附,经水洗涤后,再经氯化钾溶液作用,将交换的铵离子置换出来,然后加入甲醛,被置换出来的铵离子和甲醛作用生成酸,利用标准氢氧化钠溶液中和滴定,用酚酞作指示剂,通过消耗的氢氧化钠标准溶液量计算其吸铵量。

D.3 仪器设备及材料

- D.3.1 电热板或调温电炉: 300 W~500 W。
- D.3.2 干燥器: $\phi 300\text{ mm} \sim \phi 500\text{ mm}$ 。
- D.3.3 分析天平: 量程 200 g, 感量 0.001 g。
- D.3.4 烧杯: 150 mL。
- D.3.5 锥形瓶: 250 mL~300 mL。
- D.3.6 漏斗: $\phi 100\text{ mm} \sim \phi 200\text{ mm}$, 附中速滤纸。
- D.3.7 滴定管: 50 mL, 最小刻度 0.1 mL。
- D.3.8 试验用水应采用蒸馏水。
- D.3.9 吸铵值测定时应采用符合下列规定的试剂:
 - 1 氯化铵含量为 1.0 mol/L 溶液;
 - 2 氯化钾含量为 1.0 mol/L 溶液;
 - 3 硝酸铵含量为 0.005 mol/L 溶液;
 - 4 硝酸银含量为 5% 溶液;
 - 5 NaOH 含量为 0.1mol/L 标准溶液;
 - 6 甲醛含量为 38% 溶液;
 - 7 酚酞含量为 1% 的酒精溶液。

D.4 试验步骤

- D.4.1 取通过 80 μm 方孔筛的天然沸石粉气干样,放入干燥器中 24h 后,称取 1.000g,置于 150mL 的烧杯中,加入 100mL 的 1.0 mol/L 的氯化铵溶液。
- D.4.2 将烧杯放在电热板或调温电炉上加热煮沸 2h,在加热过程中,应经常搅拌,可补充水,应保持杯中溶液不少于 30 mL。
- D.4.3 趁热用中速滤纸过滤,取煮沸并冷却的蒸馏水洗烧杯和滤纸沉淀,再用 0.005 mol/L 的硝酸铵淋洗至无氯离子(用黑色比色板滴两滴淋洗液,加入一滴硝酸银溶液,无白色沉淀产生,表明无氯离子)。
- D.4.4 移去滤液瓶,将沉淀物移到普通漏斗中,用煮沸的 1.0mol/L 氯化钾溶液每次约 30 mL 冲

洗沉淀物。用一干净烧杯承接，分四次洗至 100mL~120mL 为止。

D.4.5 在洗液中加入 10 mL 甲醛溶液静置 20 min。

D.4.6 加入 2~8 滴酚酞指示剂，用氢氧化钠标准溶液滴定，直至微红色为终点（30s 不褪色），记下消耗的氢氧化钠标准溶液体积。

D.5 试验结果及处理

D.5.1 天然沸石粉吸铵值按式（D.5.1）计算，精确至 1 mmol/100g。

$$A=M \times V \times 100/m \quad (\text{D.5.1})$$

式中：A—吸铵值（mmol/100g）；

M—NaOH 标准溶液的摩尔浓度（mol/L）；

V—消耗的 NaOH 标准溶液的体积（mL）；

m—天然沸石粉质量（g）。

D.5.2 吸铵值试验结果应按下列要求确定：

1 同一样品应分别进行两次测试，两次试验结果之差的绝对值不大于平均值的 8%时，取其平均值为试验结果，精确至 1 mmol/100g；

2 当两次试验结果之差超过允许范围时，应查找原因，重新按上述试验方法进行试验。

附录 E 石灰石粉亚甲蓝值试验方法

(规范性)

E.1 范围

本附录规定了石灰石粉亚甲蓝 MB 值的试验方法。

E.2 原理

本试验方法通过测试石灰石粉试样消耗亚甲蓝溶液中的亚甲蓝量来计算石灰石粉亚甲蓝 MB 值，用于判断石灰石粉中泥粉含量水平。

E.3 仪器设备

- E.3.1 烘箱，温度控制范围为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- E.3.2 天平，称量 1000g，感量 0.1g；称量 100g，感量 0.01g。
- E.3.3 移液管，5 mL、2mL 移液管各一个。
- E.3.4 三片或四片式叶轮搅拌器，转速可调（最高达 $600 \text{ r/min} \pm 60 \text{ r/min}$ ），直径 $75\text{mm} \pm 10 \text{ mm}$ 。
- E.3.5 定时装置，精度 1s。
- E.3.6 玻璃容量瓶，容量 1L。
- E.3.7 温度计，精度 1°C 。
- E.3.8 玻璃棒，2 支，直径 8mm，长 300 mm。
- E.3.9 定量滤纸，快速。
- E.3.10 容量为 1000 mL 的烧杯等。

E.4 试样制备

- E.4.1 将石灰石粉样品缩分至 200g，放在烘箱中于 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒重，冷却至室温；另准备 500 g 的 0.5mm~1.0 mm 的标准砂。
- E.4.2 称取 50g 石灰石粉和 150g 的 0.5mm~1.0mm 的标准砂，分别精确至 0.1g；将称取的石灰石粉和标准砂拌合均匀，作为试样备用。

E.5 亚甲蓝溶液的配制

- E.5.1 将含量 $\geq 95\%$ 的亚甲蓝粉末（分析纯 $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒重，称取烘干亚甲蓝粉末 10g，精确至 0.01g，倒入盛有约 600 mL 蒸馏水（水温加热至 $35^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ）的烧杯中，用玻璃棒持续搅拌 40min，直至亚甲蓝粉末完全溶解，冷却至 20°C 。
- E.5.2 将溶液倒入 1L 容量瓶中，用蒸馏水淋洗烧杯等，使所有亚甲蓝溶液全部移入容量瓶，容量瓶和溶液的温度应保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，加蒸馏水至容量瓶 1L 刻度。振荡容量瓶以保证亚甲蓝粉末完全溶解。
- E.5.3 将容量瓶中溶液移入深色储藏瓶中，标明制备日期、失效日期（亚甲蓝溶液保质期不应超过 28d），并置于阴暗处保存。

E.6 试验步骤

E.6.1 将试样倒入盛有 500mL±5 mL 蒸馏水的烧杯中用叶轮搅拌机以 600 r/min±60 r/min 转速搅拌 5min，形成悬浮液，然后以 400 r/min±40 r/min 转速持续搅拌，直至试验结束。

E.6.2 悬浮液中加入 5 mL 亚甲蓝溶液，以 400 r/min±40 r/min 转速搅拌至少 1min 后，用玻璃棒蘸取一滴悬浮液（所取悬浮液滴应使沉淀物直径在 8 mm~12 mm 内），滴于滤纸（置于空烧杯或其他合适的支撑物上，以使滤纸表面不与任何固体或液体接触）上。若沉淀物周围未出现色晕，再加入 5mL 亚甲蓝溶液，继续搅拌 1min，再用玻璃棒蘸取一滴悬浮液，滴于滤纸上，若沉淀物周围仍未出现色晕，重复上述步骤，直至沉淀物周围出现约 1mm 宽的稳定浅蓝色晕。此时，应继续搅拌，不加亚甲蓝溶液，每 1 min 进行一次蘸染试验。若色晕在 4min 内消失，再加入 5mL 亚甲蓝溶液；若色晕在第 5min 消失，再加入 2mL 亚甲蓝溶液。在上述两种情况下，均应继续进行搅拌和蘸染试验，直至色晕可持续 5min。

E.6.3 记录色晕持续 5min 时所加入的亚甲蓝溶液总体积，精确至 1mL。

E.7 试验结果及处理

E.7.1 亚甲蓝 MB 值按式（E.6.4）计算，结果精确至 0.01g/kg：

$$MB=V/G \times 10 \quad (E.7.1)$$

式中：

MB—亚甲蓝值（g/kg）；

V—所加入的亚甲蓝溶液的总量（mL）；

G—试样质量（g）。

E.7.2 公式中的系数 10 用于将每千克试样消耗的亚甲蓝溶液体积换算成亚甲蓝质量。

附录 F 混凝土强度与胶水比关系式的建立

(规范性)

F.0.1 建立混凝土强度与胶水比关系式应遵守下列规定：

1 按同一厂家生产的同品种、同强度等级的水泥及相同品种与掺量的掺合料和外加剂，设计配合比时，其水胶比不宜少于 5 个，其最大与最小胶水比之差不小于 0.20。

2 采用最小二乘法建立的 $y=bx+a$ （ x —胶水比， y —28d 抗压强度）的线性回归方程，其相关系数应大于 0.90，离差系数应小于 10%，当采用 5 个水胶比建立的强度关系式不满足上述要求时，可将每个水胶比重复三次，制做 15 组混凝土试件，重新回归。

3 按强度关系式绘制的曲线。其起点和终点应根据试验所需的最大与最小胶水比确定，使用时不得外延。

4 计算公式：

斜率： $b=\frac{L_{xy}}{L_{xx}}$ ；截距： $a=\bar{Y}-b\bar{X}$ ；相关系数 $\gamma=\frac{L_{xy}}{\sqrt{L_{xx}\cdot L_{yy}}}$ ；

剩余标准差： $S_{\text{剩}}=\sqrt{\frac{L_{yy}-b\cdot L_{xy}}{n-2}}$ ；离差系数： $\delta=\frac{s}{\bar{y}}\times 100\%$ ；

其中： $L_{xx}=\sum x^2-n\cdot \bar{x}^2$ ； $L_{yy}=\sum y^2-n\cdot \bar{y}^2$ ； $L_{xy}=\sum xy-n\cdot \bar{x}\cdot \bar{y}$ ；

5 回归方程修正：当强度数据积累到 30 组后，可重新建立强度—胶水比的回归方程。

F.0.2 混凝土强度关系式建立的计算：

例：采用本溪（长白）P•042.5 级水泥，中砂，5mm～25mm 碎石，沈海热电厂 I 级粉煤灰，天津雍阳减水剂 UNF-5。试建立强度关系式。

表 F.0.2-1

序号	胶水比	水胶比	砂率%	每 m ³							28d 抗压强度
				胶材总量	水泥	粉煤灰	砂	石	UNF-5	用水量	
1	1.757	0.57	48.0	290	174	116	940	1016	165	3.77	20.2
2	1.878	0.53	47.5	310	186	124	925	1016	165	4.03	21.9
3	2.018	0.50	47.0	333	200	133	905	1015	165	4.33	25.4
4	2.169	0.46	46.5	358	215	143	879	1008	165	4.65	31.9
5	2.290	0.44	46.0	378	227	151	864	1010	165	4.90	33.6
6	2.395	0.42	46.0	400	240	160	853	1001	167	5.20	39.3
7	2.610	0.38	45.0	436	262	174	818	1000	167	5.67	45.4
8	2.757	0.36	44.0	466	280	186	788	1003	169	6.06	51.2
9	2.906	0.34	43.0	500	300	200	757	1003	172	6.50	54.5
10	3.063	0.33	42.0	533	320	213	717	990	174	6.90	61.4

注：表中强度为两组试件强度的平均值，即每个 W/B 重复一次试验的结果。

1 计算数据表 F.0.2-2

表 F.0.2-2 建立回归方程的数据及计算

序号	X	Y	X ²	Y ²	X·Y	$\bar{x}$	$\bar{y}$
1	1.757	20.2	3.087	408.04	35.491	/	/
2	1.878	21.9	3.526	479.61	41.128	/	/

3	2.018	25.4	4.072	645.16	51.257	/	/
4	2.169	31.9	4.704	1017.61	69.191	/	/
5	2.290	33.6	5.224	1128.96	76.944	/	/
6	2.395	39.3	5.736	1544.49	94.123	/	/
7	2.610	45.4	6.812	2061.16	118.494	/	/
8	2.757	51.2	7.601	2621.44	141.158	/	/
9	2.906	54.5	8.444	2970.25	158.377	/	/
10	3.063	61.4	9.381	3769.96	188.068	/	/
Σ	23.829	384.8	58.548	16646.68	973.813	2.3829	38.48

2 根据表 F.0.2-2 所列数据计算 a、b、 γ 、S、 δ 值。

首先计算出 L_{xx} , L_{yy} , L_{xy} 值

$$L_{xx} = \sum x^2 - n \cdot \bar{x}^2 = 58.548 - 10 \times 2.3829^2 = 1.766$$

$$L_{yy} = \sum y^2 - n \cdot \bar{y}^2 = 16646.68 - 10 \times 38.48^2 = 1839.576$$

$$L_{xy} = \sum xy - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y} = 973.813 - 10 \times 2.3829 \times 38.48 = 56.874$$

$$b = \frac{L_{xy}}{L_{xx}} = \frac{56.874}{1.766} = 32.3$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 38.48 - 32.2 \times 2.3829 = -38.25$$

$$\gamma = \frac{L_{xy}}{\sqrt{L_{xx} \cdot L_{yy}}} = \frac{56.874}{\sqrt{1.766 \times 1839.576}} = \frac{56.874}{56.997} = 0.997$$

$$S_{\text{剩}} = \sqrt{\frac{L_{yy} - b \cdot L_{xy}}{n-2}} = \sqrt{\frac{1839.576 - 32.2 \times 56.874}{8}} = 1.029$$

$$\delta = \frac{s}{\bar{y}} \times 100\% = \frac{1.029}{38.48} \times 100\% = 2.7\%$$

式中：

b、a 一回归系数；

γ 一相关系数；

$S_{\text{剩}}$ 一剩余标准差；

δ 一推定精度或离差系数。

根据上述计算，相关系数 0.997 大于 0.90，离差系数为 2.7% 小于 10%，因此建立的线性回归方程为： $y = 32.2x - 38.25$ 。

说明：以上计算也可通过计算机软件完成，给出 a、b、r、S、 δ 值。

F.0.3 混凝土配合比计算举例（重量法）

根据已建立的强度关系式 $y = 32.2x - 38.25$ ，设计强度等级为 C40 的混凝土配合比。具体计算步骤：

1 确定配制强度： $f_{cu,o} = 40 + 1.645 \sigma = 48.2 \text{ MPa}$ (取 $\sigma = 5 \text{ MPa}$)；

2 确定胶比

根据公式 $y = 32.2x - 38.25$ ，则 $x = \frac{y + 38.25}{32.2} = \frac{48.2 + 38.25}{32.2} = 2.686$

3 确定用水量 $m_w = 165 \text{ kg}$ ；

- 4 计算胶凝材料用量： $m_b=2.686 \times 165=443$ (kg)；
- 5 计算掺合料（粉煤灰）用量： $m_f=0.35 \times 443=155$ (kg)；
- 6 计算水泥用量： $m_c=443-155=288$ (kg)；
- 7 确定砂率： $\beta_s=40\%$ ，设定表观密度 $=2400$ (kg/m³)；
- 8 计算砂用量： $m_s=(2400-443-165) \times 0.40=717$ (kg)；
- 9 计算石用量： $m_g=2400-443-165-717=1075$ (kg)。

附录 G 混凝土配合比计算（体积法）

（规范性）

G.0.1 确定配制强度 $f_{cu,o}=f_{cu,k}+1.645\sigma$;

G.0.2 根据要求的强度等级和工程中所使用的原材料，按配合比设计规程，选取用水量和砂率；

G.0.3 计算胶凝材料总量和掺合料量（可参考本文件表 7.1.2-1 和表 7.1.2-2），并分别除各自的密度求出粉料体积；

G.0.4 骨料用量和浆体用量的估算。

1 骨料用量估计：

掺合料混凝土的骨料所占体积与其最大粒径的关系 表 G.0.4-1

骨料最大粒径(mm)	150	80	40	20	10
骨料所占体积(L)	20~25	750~800	700~750	650~700	600~650
注：1) 掺有引气型外加剂混凝土取骨料所占体积上限值； 2) 上表未列出的骨料最大粒径值，宜插入选用(如 30mm 或 25mm，取 40mm 与 20mm 间值)					

骨料所占体积×表观密度=骨料用量（kg/m³）。

砂率（砂/（砂+石））的大小与砂的粗细、级配和石子的粒径、级配，以及施工要求的混凝土拌合物的工作性能有关，可参考表 G.0.4-2 选取。

表 G.0.4-2 砂率的选取

坍落度 (mm)	0~20	20~40	40~80	80~160	160~200	200 及以上
砂率 (%)	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	40~45

砂率×骨料用量=细骨料用量（kg/m³）

骨料用量-细骨料用量=粗骨料用量（kg/m³）

2 浆体用量估计

浆体体积=1000-骨料所占体积-含气量%×10，因此，浆体体积宜按表 G.0.4-3 估计：

表 G.0.4-3 浆体体积的选取

骨料最大粒径 (mm)	150	80	40	20	10
浆体体积 (L)	150~180	180~230	230~300	300~350	350~400
注：1) 落度大于 20mm 的浆体用量为掺有减水剂或高效减水剂时估计值； 2) 掺有引气型外加剂的拌合物，浆体体积取上限值；粉煤灰掺量较大的拌合物，浆体体积取下限值； 3) 经试拌表明，浆体体积取上限值仍不能满足工作性要求时，宜在继续增大浆体体积前，在条件许可的情况下改善骨料级配（如根据捣实容重试验，增加 5~10mm 颗粒量，以减小粗骨料空隙率）					

本文件用词说明

- 1 为便于在执行本文件条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格、非这样做不可的词：
正面词采用“应”；反面词采用“严禁”。
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做，采用“可”。
- 2 本文件中指明应按其他有关标准、规范执行的，写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。非指定按其他有关标准、规范执行的写法为“可参照……执行”。

引用标准名录

- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
《水泥化学分析方法》 GB/T 176
《水泥密度测定方法》 GB/T 208
《水泥压蒸安定性试验方法》 GB/T 750
《水细度检验方法 筛析法》 GB/T 1345
《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》 GB/T 1346
《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
《用于水泥中的火山灰质混合材料》 GB/T 2847
《石膏化学分析方法》 GB/T 5484
《建材用石灰石、生石灰和熟石灰化学分析方法》 GB/T 5762
《建筑材料与非金属矿产品白度测量方法》 GB/T 5950
《建筑材料放射性核素限量》 GB 6566
《水泥比表面积测定方法 勃氏法》 GB/T 8074
《混凝土外加剂》 GB 8076
《混凝土外加剂匀质性试验方法》 GB/T 8077
《高岭土及其试验方法》 GB/T 14563
《预拌混凝土》 GB/T 14902
《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》 GB/T 17671
《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
《气体吸附 BET 法测定固态物质比表面积》 GB/T 19587
《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》 GB/T 20491
《砂浆和混凝土用硅灰》 GB/T 27690
《石灰石中总有机碳的测定方法》 GB/T 35151
《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》 GB/T 35164
《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》 GB/T 39701
《玻璃纤维及原料化学元素的测定 X 射线荧光光谱法》 GB/T 43309
《混凝土和砂浆用偏高岭土粉》 GB/T 46064
《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 GB/T 50080
《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082
《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
《粉煤灰混凝土应用技术规范》 GB/T 50146-2014
《混凝土质量控制标准》 GB 50164
《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
《大体积混凝土施工标准》 GB 50496
《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
《掺合料应用技术规范》 GB/T 51003
《混凝土结构通用规范》 GB 55008
《水泥标准筛和筛析仪》 JC/T 728
《混凝土减胶剂》 JC/T 2469
《混凝土用复合掺合料》 JG/T 486
《混凝土和砂浆用天然沸石粉》 JG/T 566
《混凝土泵送施工技术规范》 JGJ/T 10
《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55

《建筑工程冬期施工规程》 JGJ/T 104
《混凝土耐久性检验评定标准》 JGJ/T 193
《高强混凝土应用技术规程》 JGJ/T 281
《强度检验用水泥标准样品》 GSB 14-1510
《粉煤灰铵离子含量系列标准样品》 GSB 08-3912
《水泥细度（筛析法）标准样》 GSB 08-3914
《用于水泥和混凝土中的粉煤灰物理性能标准样品》 GSB 08-4014 修改单
《钢渣化学分析方法》 YB/T 140
《钢渣中游离氧化钙含量测定方法》 YB/T 4328
《预拌混凝土应用技术规程》 DB21/T 1304
《混凝土用功能型复合矿物掺合料》 T/CCES 6004
《混凝土增效剂应用技术规程》 T/CECS 1085

辽宁省地方标准

混凝土矿物掺合料应用技术规程

Application technical specification for concrete mineral admixtures

DB21/T -202

条文说明

目 次

1	总则.....	1
2	术语.....	2
3	基本规定.....	4
4	技术要求.....	5
4.1	粉煤灰.....	7
4.2	粒化高炉矿渣粉.....	8
4.3	硅灰.....	9
4.4	石灰石粉.....	9
4.5	钢渣粉.....	10
4.6	天然沸石粉.....	11
4.7	复合掺合料.....	9
4.8	除尘灰.....	9
4.9	调节掺合料.....	9
4.11	粉煤灰超细微珠.....	9
4.12	自燃煤矸石粉.....	9
5	试验方法.....	7
6	进场检验与验收.....	12
7	掺合料混凝土的配合比设计.....	15
7.1	一般规定.....	15
7.2	配合比设计.....	16
8	掺合料混凝土的生产和应用.....	22
8.5	混凝土的养护.....	26
8.6	混凝土的雨期、冬期施工.....	26
9	掺合料混凝土的质量检验评定.....	30

1 总 则

- 1.0.1** 本条强调编制本文件的目的是为了规范混凝土掺合料的应用技术，引导其技术发展，达到改善混凝土的性能，提高工程质量，延长混凝土结构物使用寿命，并利于工程建设的可持续发展。辽宁经过十多年的掺合料应用，已经积累了很多宝贵的经验，经过修订以适用相关标准规范的更新、技术的进步、应用品种的增加和应用场景的变化，通过大量的试验和调研，制定本文件。
- 1.0.2** 本条说明适用范围是使用所列出掺合料的各类预拌混凝土，使用其它掺合料的混凝土不在本文件的适用范围之列。
- 1.0.3** 本条对掺合料在混凝土中的应用技术做出了规定，在工程应用中除应遵照本文件执行外，尚应符合相关国家标准、行业和本省地方标准的规定。

2 术 语

2.0.1 掺合料的定义给出了主要化学成分，可以改善新拌和硬化后混凝土性能，并涵盖本文件所包括的掺合料。

2.0.2 规定了复合掺合料的定义。专指用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、石灰石粉、天然沸石粉、钢渣粉、偏高岭土粉、粉煤灰超细微珠中两种或两种以上的矿物原料，单独粉磨至规定的细度后再按一定的比例混合均匀；或者两种及两种以上的矿物原料按一定的比例混合后再粉磨至规定的细度并达到规定的活性指数的复合粉体材料。

2.0.3~2.0.4 28d 活性指数值定在 70%符合掺合料活跃参与水化反应的分界点。在实际应用中，活性掺合料和惰性掺合料在混凝土中的作用应经试验确定。活性掺合料主要考虑参与水化反应后对混凝土强度的贡献，应区分在早期强度还是后期强度的贡献。惰性掺合料主要考虑物理填充和润滑作用，提高混凝土密实性。

2.0.5 随着多功能掺合料品种的增加，单一靠复合掺合料不能涵盖和区分其主要性能，增加调节掺合料更有利于掺合料的分类，促进多功能复合掺合料产品的研发和应用。

2.0.6 同《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中对粉煤灰的定义，根据燃煤品种分为 F 类和 C 类。F 类粉煤灰由无烟煤或烟煤煅烧收集的粉煤灰；C 类粉煤灰由褐煤或次烟煤煅烧收集的粉煤灰，氧化钙含量一般大于或等于 10%。我们通常又称之为高钙灰。

2.0.7~2.0.10 给出了粒化高炉矿渣粉、硅灰、石灰石粉、钢渣粉的主要化学成分及生产工艺，其中钢渣中消解有害成分的工艺有热泼法、热闷法等。

2.0.11 天然沸石粉主要产地在辽宁西部，核心产区为沈阳市法库县和朝阳市（北票市、凌源市），彰武县等地也有矿产分布。

2.0.12 除尘灰是在钢铁冶炼过程中电除尘灰和煤碳燃烧产生的气体共同收集粉体材料，经磁选除铁后形成的，产量大，存储困难。非脱硫的除尘灰可作为掺合料用于部分混凝土中。

2.0.13~2.0.14 混凝土减胶剂和混凝土增效剂，以及在团体标准中出现的普通混凝土化学降碳剂是不包含在混凝土外加剂范围内的，有些企业在实际生产已经使用了，为了规范这类产品的使用，本文件把混凝土减胶剂和混凝土增效剂收录到调节掺合料中，引导企业正确使用并加强质量控制。

2.0.15 偏高岭土粉主要产地在辽宁省朝阳市，尤其是朝阳县和建平县，此外锦州市凌海地区也有矿产分布。

2.0.16 胶凝材料的术语和定义在混凝土工程技术领域已经被普遍接受。

2.0.17 随着混凝土合料的广泛应用，国内外已经普遍采用水胶比取代水灰比。

2.0.18 粉煤灰超细微珠是一种从燃煤电厂粉煤灰中分离出来的球形、光滑无定形、空心玻璃体颗粒，也称粉煤灰玻璃微珠，主要成分是二氧化硅和三氧化二铝，常被称为漂珠。它呈灰白色，壁薄中空，能浮于水面，密度低、耐高温、保温绝缘。

2.0.19 自燃煤矸石粉主要产地在辽宁省各大老矿区，如阜新市新邱区、太平区、海州区，抚顺市望花区、东洲区，铁岭市调兵山市，此外本溪、沈阳有少量分布。

3 基本规定

3.0.1 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥在生产过程中加入混合材料较少，配制掺合料混凝土时宜优先选用这两种水泥。

3.0.2 选用其它水泥时，应充分了解所用水泥中混合材料的品种及掺量，混凝土中掺合料的掺量要相应减少，并通过试验确定。

3.0.3 配制掺合料的混凝土应同时掺加外加剂，以便其颗粒效应、填充效应和叠加效应得到充分的发挥，选用的外加剂不仅要与水泥有良好的相容性，还应与所用掺合料有良好的相容性，掺合料及外加剂的掺量均应通过混凝土的试验确定。

3.0.4 《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T50476 中 B.1.2 在配筋混凝土胶凝材料中，掺合料用量占胶凝材料总量的比值应根据环境类别与作用等级、混凝土水胶比、钢筋的混凝土保护层厚度以及混凝土施工养护期限等因素综合确定。

3.0.5 随着混凝土技术的进步和发展，会有新的掺合料出现，因此本文件规定，当采用新品种掺合料时，在使用前应经过充分、系统的试验验证。

3.0.6 本条对掺合料混凝土及所用原材料的放射性进行了规定。粉煤灰、粒化高炉矿渣粉的放射性应采用符合国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 要求的硅酸盐水泥按质量比 1：1 混合均匀后，再按国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 进行测定。

4 技术要求

4.1 掺合料技术要求

根据相关的产品标准规定，结合混凝土掺合料技术的发展和应用情况，制定了本文件掺合料的质量指标和技术要求。

4.1.1~4.1.2 磨细粉煤灰是干燥后的粉煤灰经粉磨加工达到规定细度的粉末，粉磨时可添加适量的助磨剂。

《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中Ⅱ级粉煤灰的细度要求不大于 30.0%；《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146 中Ⅱ级粉煤灰的细度要求不大于 25.0%；《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中Ⅱ级粉煤灰的细度要求不大于 25.0%。根据调研，我省粉煤灰在应用过程中Ⅱ级粉煤灰的细度质量标准主要控制在不大于 25.0%。

《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中Ⅲ级粉煤灰的烧失量要求不大于 10.0%；《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146 中Ⅲ级粉煤灰的烧失量要求不大于 15.0%，我们没有找到在应用标准中放大烧失量要求的说明。虽然本文件中规定Ⅲ级粉煤灰仅限用于素混凝土中，为了减少干燥收缩，抑制混凝土开裂，加强混凝土抗渗性，提升混凝土耐久性能，本文件中Ⅲ级粉煤灰的烧失量要求不大于 10.0%

对特殊工艺形成的粉煤灰，如混烧灰、脱硫灰、增钙灰等，由于工程应用经验不足，为慎重起见，应进行安定性等全面性能试验论证。

4.1.3 《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146 中规定对比水泥可采用符合国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 规定的强度等级为 42.5 的硅酸盐水泥或工程实际应用的水泥，有争议时应以《强度检验用水泥标准样品》GSB 14-1510 为准。

4.1.4 在实际应用中还有湿排的粉煤灰，含水量的值由双方协调确定。

4.1.5 《粉煤灰中铵离子含量的限量及检验方法》GB/T 39701 中规定了四种铵离子检验方法，在对比分析中采用 GSB 08-3912 粉煤灰铵离子含量系列标准样品是为了减少粉煤灰中铵离子含量的检验误差，也可采用其他同等级标准样品。

4.1.6 本文件将采用负压筛析法检验细度的掺合料统一了试验方法，筛网的校正统一采用符合 GSB 08-3914《水泥细度（筛析法）标准样品》，或其他同等级标准样品。如果需要，粉煤灰细度试验筛网校正可采用符合 GSB 08-4014 规定的粉煤灰细度标准样品。

4.2 粒化高炉矿渣粉

4.2.1 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中 S95 级 7d 活性指数要求不小于 70%，《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中 S95 级 7d 活性指数要求不小于 75%。根据调研，我省粒化高炉矿渣粉在应用过程中 S95 级 7d 活性指数质量标准主要控制在不小于 75.0%。

《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中烧失量要求不大于 1.0%，《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中烧失量要求不大于 3.0%。根据调研，我省粒化高炉矿渣粉在应用过程中烧失量质量标准主要控制在不大于 1.0%。

4.3 硅灰

4.3.1 《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 中 28d 活性指数要求不小于 105%，《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中 28d 活性指数要求不小于 85%。根据调研，我省硅灰在应用过程中 28d 活性指数质量标准主要控制在不小于 105%。

《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 中氯离子含量要求由供需双商定供货指标,《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中氯离子含量要求不大于 0.02%。根据调研,我省硅灰在应用过程中氯离子含量质量标准主要控制在不大于 0.02%。

4.4 石灰石粉

4.4.1 石灰石粉易于粉磨加工,从平衡石灰石粉性能和和平能耗两方面综合考虑确定细度为 $45\mu\text{m}$ 方孔筛筛余不应大于 15%。

《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》GB/T 35164 中流动度比要求不小于 95%,《石灰石粉在混凝土中应用技术规程》JGJ/T 318、《石灰石粉混凝土》GB/T 30190 和《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中流动度比要求不小于 100%。石灰石粉对水和外加剂的吸附性较小,表现出一定的减水作用。根据调研,我省石灰石粉在应用过程中流动度比质量标准主要控制在不小于 100%。应该注意,本文件规定的测试石灰石粉的流动度比试验中未掺加减水剂。

石灰石粉的活性指数在有的标准和文献中称为抗压强度比。因活性指数在试验方法和物理意义上更为广泛地被理解和应用,本文件中称活性指数。应该说明,活性指数并非认为石灰石粉具有明显的活性,该指标也不是反映石灰石粉本质特性的技术指标,但该指标作为混凝土质量控制的指标是必要的。

4.5 钢渣粉

4.5.1 《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491 中钢渣粉的比表面积要求不小于 $350\text{m}^2/\text{kg}$;《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中钢渣粉的比表面积要求不小于 $400\text{m}^2/\text{kg}$ 。根据调研,我省钢渣粉在应用过程中钢渣粉的比表面积质量标准主要控制在不小于 $400\text{m}^2/\text{kg}$ 。

《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491 中钢渣粉的密度要求不小于 $3.2\text{g}/\text{cm}^3$;《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中钢渣粉的密度要求不小于 $2.8\text{g}/\text{cm}^3$ 。根据调研,我省钢渣粉在应用过程中钢渣粉的密度质量标准主要控制在不小于 $3.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。

《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491 中钢渣粉的游离氧化钙含量要求不大于 4.0%;《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中钢渣粉的游离氧化钙含量要求不大于 3.0%。根据调研,我省钢渣粉在应用过程中钢渣粉的游离氧化钙含量质量标准主要控制在不大于 3.0%。

《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491 中钢渣粉的流动度比要求不小于 95%;《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中钢渣粉的流动度比要求不小于 90%。根据调研,我省钢渣粉在应用过程中钢渣粉的流动度比质量标准主要控制在不小于 95%。

《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491 中钢渣粉的压蒸法安定性要求 6h 压蒸膨胀率 $\leq 0.50\%$ (如果钢渣粉中 MgO 含量不大于 5% 时,可不检验压蒸安定性);《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中钢渣粉的压蒸法安定性要求当钢渣中 MgO 含量大于 13% 时应检验合格。根据调研,我省钢渣粉在应用过程中钢渣粉的压蒸法安定性质量标准主要控制 6h 压蒸膨胀率 $\leq 0.50\%$ 。碱度系数是指钢渣粉中氧化钙含量与二氧化硅、五氧化二磷含量之和的比值。

4.6 天然沸石粉

4.6.1 《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 566 中天然沸石粉的细度要求采用 $45\mu\text{m}$ 方孔筛;《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中天然沸石粉的细度要求采用 $80\mu\text{m}$ 方孔筛。根据调研,我省天然沸石粉在应用过程中天然沸石粉的细度质量标准主要控制采用 $45\mu\text{m}$ 方孔筛。

《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 566 中天然沸石粉 I 级和 II 级的 28d 活性指数要求不小于 90% 和 85%;《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中天然沸石粉 I 级和 II 级的 28d 活性指数

要求不小于 75%和 70%。根据调研，我省天然沸石粉在应用过程中Ⅰ级和Ⅱ级天然沸石粉的 28d 活性指数质量标准主要控制在不小于 90%和 85%。

《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 566 中天然沸石粉需水量比要求不大于 115%；《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中天然沸石粉Ⅰ级和Ⅱ级的需水量比要求不大于 125%和 120%。根据调研，我省天然沸石粉在应用过程中天然沸石粉的需水量比质量标准主要控制在不大于 115%。

4.7 复合掺合料

4.7.1 随着混凝土技术的发展，尤其是高强、高性能混凝土的普及，使掺合料已成为配制高强、高性能混凝土必不可少的重要组分和功能性材料。为了充分发挥各种材料的技术优势，弥补单一材料自身固有的某些缺陷，利用两种或两种以上材料复合产生的超叠加效应可取得比掺某一种材料更好的效果。沈阳、上海、北京、深圳等地已在实际工程中大量应用，沈阳市已用特制的复合掺合料配制出 C100 级高性能混凝土，并成功应用于以皇朝万鑫大厦为代表的若干设计要求 C100 的混凝土工程。

复合掺合料检测项目的技术要求主要采用《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 的规定。复合掺合料比较复杂，品种也很多，本文件只是给出了最低的技术要求，在使用中应充分考虑复合掺合料的技术指标值。

本文件正文表 4.7.1 中未列出复合掺合料的胶砂抗压强度增长比，在需要时可按《混凝土用复合掺合料》JG/T 486 的规定进行检测。

4.8 除尘灰

4.8.1 鞍钢建设集团在钢铁冶炼、煤炭燃烧的生产过程中，通过除尘设备收集的粉尘状固体废弃物，由于是在除尘的工艺中收集到的，故称之为“除尘灰”。每年的排放量在 20 万吨以上，这些固废不仅占用大量土地资源，还存在诸多环境隐患。露天堆放时，细小颗粒易随风飘散污染大气，遇雨则可能随雨水渗透土壤，破坏土壤结构、影响植被生长，给企业环保工作带来巨大压力。

鞍钢建设集团有限公司建筑材料分公司通过大量试验研究，2025 年 10 月，成功将除尘灰混凝土应用在辽宁融拓发展有限公司道路铺设地坪硬化等实体工程中。工程内容：铺设两公里道路（长 2000 米、宽 7 米 厚度 0.2 米），厂内料场地坪硬化（10000 平方米），除尘灰混凝土和易性良好，实体强度 28 天达到 35MPa，实体质量表面光滑，无裂纹。

参编单位又在原基础上进行了大量补充试验，根据以上情况确定了除尘灰的技术指标。

4.9 调节掺合料

4.9.1~4.9.2 近年来减胶剂和增效剂在混凝土生产中已有使用，本文件将这两种产品收录到调节掺合料中加以控制，有利于正确引导规范使用。

4.9.3 近年来随着多种功能型复合掺合料的出现和使用，其独特的性能有针对性的解决了某一功能，减少了在搅拌站进行混凝土配合比设计、试配的复杂性，提高了工作效率，本文件将其收录到调节掺合料中加以控制，有利于正确引导规范使用。

4.11 粉煤灰超细微珠

4.11.1 粉煤灰超细微珠球形度高，流动性、分散性好，主要化学成分是活性氧化硅、活性氧化铝、活性氧化钙等。在水泥混凝土体系中，一方面起到填充、润滑、解絮、分散、致密等物理作用，另一方面该产品中的活性氧化硅、活性氧化铝等活性氧化物与水泥水化时析出的氢氧化钙晶体、

水化硅酸钙凝胶等胶凝材料、集料带入的有效碱、硫酸盐、氯离子等对水泥石和混凝土强度及耐久性不利的物质起化学反应，生成对水泥石和混凝土强度及耐久性有利的硅铝酸钙凝胶和其他有益化合物。在物理和化学两个方面作用下，改善了新拌混凝土的工作性如：流动性好、保水性好、不泌水、不离析、坍落度经时损失小、泵送性好等优点。改善浆体和集料界面的粘结度，减少硬化混凝土的孔隙，减小孔径，致密结构及体积稳定性，增强混凝土抵御各种化学侵蚀和抑制碱集料反应能力，显著提高水泥石和混凝土的耐久性。

阜新鑫源粉煤灰建筑材料有限责任公司在粉煤灰中分离出超细微珠，和阜新兴华商砼有限公司通过大量试验研究，成功将粉煤灰超细微珠应用在多种混凝土中。参编单位又在原基础上进行了大量补充试验，根据以上情况确定了粉煤灰超细微珠的技术指标。

粉煤灰超细微珠主要应用方向有绿色高性能混凝土超细掺合料、抗氯离子侵蚀混凝土、免压蒸预应力混凝土、抗硫酸盐侵蚀混凝土、抗磨蚀混凝土、防辐射混凝土、抗干裂混凝土、抗碳酸气混凝土、自密实混凝土、清水混凝土、仿生态混凝土等

粉煤灰超细微珠是从粉煤灰中提取出来具有特殊性的组分，在混凝土中的应用案例不多，所以技术要求中没有列出铵离子含量的技术指标，买卖双方或者工程设计有要求时，可在合同中另行约定。

4.12 自燃煤矸石粉

4.12.1 煤矸石自燃后，晶体结构破坏生成无定形活性二氧化硅和三氧化二铝，在碱性环境下能与氢氧化钙发生二次水化反应，生成水化硅酸钙凝胶，具备火山灰性。自燃煤矸石粉的技术要求主要按《水泥砂浆和混凝土用天然火山灰质材料》JG/T 315 的规定执行。

5 试验方法

5.0.1

粒化高炉矿渣粉在灼烧过程中由于硫化物的氧化引起的误差，可按《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 进行校正。

硅灰细度（45 μm 方孔筛筛余）应采用《水泥细度检验方法 筛析法》GB/T 1345 中的水筛法。采用本文件附录 A 负压筛析法可以作为进场检验的参考，提高进场检验的速度，有争议或者出现较大变化时以水筛法为准。

石灰石粉中碳酸钙含量测试方法有三种：X 荧光分析法、EDTA 滴定法、酸碱中和法，从测试的准确度及测试方法的普适性考虑，《石灰石粉在混凝土中应用技术规程》JGJ/T 318 中选用了 EDTA 滴定法作为测试方法。碳酸钙含量按《建材用石灰石、生石灰和熟石灰化学分析方法》GB/T 5762 测定氧化钙含量，再乘以 1.785 得到碳酸钙的含量。

复合掺合料的比表面积测定法和筛析法，宜根据不同的复合品种选定。

钢渣粉碱度系数试验中氧化钙含量、二氧化硅含量和五氧化二磷含量，《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 中规定按《钢渣化学分析方法》YB/T 140 进行测定。

《混凝土和砂浆用偏高岭土粉》GB/T 46064 要求偏高岭土粉细度（45 μm 方孔筛筛余）试验方法按《水泥细度检验方法 筛析法》GB/T 1345-2005 中手工筛析分法进行试验。2026 年修订后的 GB/T 1345-2026 删除了手工筛析法，所以偏高岭土粉细度应按《水泥细度检验方法 筛析法》GB/T 1345-2005 中第 7.4 节的有关规定进行。

6 进场检验与验收

6.0.1 本条规定了掺合料检验应按批进行，并规定供货单位应按批量向用户提供出厂质量证明材料和型式检验报告。

6.0.2 掺合料进场时，应按下列规定及时取样检验：

1 对散装、袋装两种掺合料的取样方法和取样数量作出了规定。

2 《石灰石粉混凝土》GB/T 30190 中要求首次进场检验项目应包括碳酸钙含量、细度、活性指数、流动度比、含水量和 MB 值，后续进场检验项目为碳酸钙含量、细度、流动度比、含水量、MB 值；《石灰石粉在混凝土中应用技术规程》JGJ/T 318 要求进场检验项目应包括碳酸钙含量、细度、活性指数、流动度比、含水量和 MB 值。同一矿源、同一厂家、品种、规格且连续进场的石灰石粉碳酸钙含量的变化理论上应该不大，可以参考厂家的出厂检验，在有怀疑或者出现较大变化时应进行碳酸钙含量的检验。碳酸钙含量有大小变化对水和外加剂有吸附有影响，进一步影响混凝土的抗压强度比（活性指数），综合考虑以上因素和进场检验碳酸钙含量的复杂性，本文件规定石灰石粉进场检验项目是细度、活性指数、流动度比、MB 值。

由于粒化高炉矿渣粉、复合掺合料的掺量较大，有时与水泥用量相同，质量指标又相对稳定，故在连续检验不少于 5 次，其品质指标稳定时可适当放宽组批数量，但连续供应相同种类和等级的每批掺合料不得超过 500t。

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中规定混凝土用掺合料进场时，应对其品种、技术指标、出厂日期等进行检查，并应对掺合料的相关技术指标进行检验。本文件表 6.0.2 规定了掺合料进场检验项目、组批条件及批量。《混凝土质量控制标准》GB 50164 规定的掺合料主要控制项目非进场检验项目。

考虑到工程应用经验不足的情况，4.8.1 除尘灰和 4.12.1 自燃煤矸石粉的技术要求在进场检验中均要求检验，以加强质量控制。硫化物及硫酸盐含量（按 SO_3 质量计）在连续进场检验不少于 5 次，其品质指标稳定时可适当放宽组批数量，但不得少于每月一次。

6.0.3 掺合料的验收应符合下列规定：

进场检验项目中任何一项不符合要求，应在同一批中重新加倍取样进行复检，以复检结果判定。复检应对所有进场检验项目进行复检，而不仅是对不合格项进行复检。

7 掺合料混凝土的配合比设计

7.1 一般规定

7.1.1 本条规定了掺合料混凝土的配合比设计应按行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定执行，并给出了特殊混凝土配合比设计的规定。

7.1.2 掺合料占胶凝材料的百分率按表 7.1.2-1 和表 7.1.2-2 进行控制，如若超出表中所示掺量，应通过充分的长期性和耐久性试验验证后方可使用。

粉煤灰的最大掺量采用《矿物掺合料应用技术规范》51003 和《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 中的规定。《粉煤灰混凝土应用技术规范》GB/T 50146 中某个项目数据最大掺量偏低 5%，主要是考虑在钢筋保护层厚度偏低时，应适当减少粉煤灰用量，以提高混凝土碱度，减缓碳化和钢筋的锈蚀速度。同时，也指出如果只对湿度有要求而对混凝土碳化要求较低的大型工程的基础混凝土，粉煤灰最大掺量可增加 5%~10%。本文件给出的是粉煤灰最大掺量，在使用中实际掺量应考虑混凝土结构类型、水泥品种及水胶比等因素通过试验确定。

注 4 采用其他品种的硅酸盐水泥时，应考虑水泥中混合材料的品种和掺量，通过试验确定掺合料的合理掺量。

7.1.3 本条给出了掺合料品种、掺量和混凝土参数、环境条件的关系和限制。

7.1.4 规定了 C 类粉煤灰的使用限制。

7.1.5 《石灰石粉在混凝土中应用技术规程》JGJ/T 318 中指出在潮湿、低温（低于 15℃）且存在硫酸盐环境中，需要充分重视 CaCO_3 和水化硅酸钙及硫酸盐生成碳硫硅钙石，引起混凝土微结构的解体。在这种情况下，原则上不得使用石灰石灰。

实际工程中，单掺偏高岭土粉的常见掺量范围为 5%~15%（等质量取代水泥），多数研究与应用表明 $\leq 20\%$ 时仍可保证强度与工作性；超过 20% 可能显著降低早期强度或增加需水量，需复掺减水剂或辅助胶凝材料。基于性能与经验，常规混凝土推荐单掺 $\leq 15\%$ ，本文件选取掺量 10%。偏高岭土粉作为活性掺合料，可按《混凝土和砂浆用偏高岭土粉》GB/T 46064 对材料性能的要求，并结合结构部位、强度等级及耐久性目标等通过配合比设计确定合理掺量。

7.1.6 规定了 III 级粉煤灰、III 级天然沸石粉、自燃煤矸石粉、除尘灰的使用限制。

7.2 配合比设计

7.2.3 掺合料混凝土宜首先按附录 F 进行系统配合比试验，根据自身的特点及原材料情况建立自己的掺合料混凝土强度与胶水比关系式；并根据设计和施工要求，按行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 计算出掺合料混凝土的配制强度，通过试验建立的强度与胶水比关系式选取水胶比，再计算出混凝土中胶凝材料和其它组分的用量。当采用体积法计算时，可按附录 G 控制浆体体积含量和选取砂率。配合比设计计算中需要胶凝材料 28d 胶砂抗压强度，当没有实测值时，粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、石灰石粉等影响系数可参考相应的国家标准的规定。

7.2.4 掺合料的用量，可以直接用重量法进行计算，其对混凝土体积的影响可以通过表观密度的验证进行调整。其体积的变化对混凝土的施工性能及强度影响不大。

7.2.5 掺合料混凝土的最小胶凝材料用量及最大水胶比宜按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的要求控制。如若超出标准中要求，应通过充分的长期性和耐久性试验验证方可使用。

7.2.6~7.2.7 求出每立方米材料用量后通过试拌、调整，直至符合要求为止。

8 掺合料混凝土的生产和应用

8.5 混凝土的浇筑与成型

8.5.4~8.5.5 掺合料混凝土浇筑、成型与基准混凝土基本相同，但为防止掺合料混凝土泌水离析或浆体上浮，必须控制好振捣时间，不得漏振或过振。特别是泵送混凝土更应注意。由于掺合料有一定的缓凝作用，混凝土抹面作业要把握恰当的时机，在抹面时为防止起粉、塌陷，面层要进行至少二次搓压。

8.6 混凝土的养护

养护是保证掺合料混凝土强度正常发展的必要条件，掺合料混凝土蒸养时宜采用干热静停；自然养护时，应保持混凝土表面潮湿，潮湿养护时间不应少于 7d，有缓凝和抗渗要求的混凝土潮湿养护时间不应少于 14d。

8.7 混凝土的雨期、冬期施工

8.7.2 在建筑工程冬期施工中“冬期”的界定参考了《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104。这一界定原则和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 相一致。

9 掺合料混凝土的质量检验评定

掺合料混凝土的施工工艺与未掺加掺合料的混凝土基本相同，因此其质量检验可执行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107。

根据试验表明，掺合料混凝土的强度与未掺加掺合料的混凝土相比，早期强度发展较慢，而后期强度发展较快，在低温条件下更为明显。因此，对现浇、自然养护的掺合料混凝土，实际情况允许时，强度验收龄期在符合设计要求的前提下宜采用 60d。