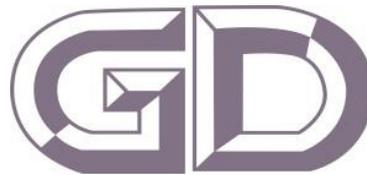


广东省标准



DBJXX-XX-2021

备案号 J XXXXX-2021

花岗岩石屑混凝土应用技术规程

Technical Specification for Application of Granite

Chippings Concrete

(征求意见稿)

2021-XX-XX 发布

2021-XX-XX 实施

广东省住房和城乡建设厅发布

本标准不涉及专利

广东省住房和城乡建设厅关于发布广东省标准《花岗岩石屑混凝土应用技术规程》的公告

经组织专家委员会审查，现批准《花岗岩石屑混凝土应用技术规程》为广东省地方标准，编号为 DBJXX-XX-2021。本标准自 2021 年 XX 月 XX 日起实施。

本标准由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由中国铁建港航局集团有限公司、华南理工大学、深圳市综合交通设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释，并在广东省住房和城乡建设厅门户网站（<http://zfcxjst.gd.gov.cn>）公开。

广东省住房和城乡建设厅

20XX 年 XX 月 XX 日

前言

根据《广东省住房与城乡建设厅关于发布〈2020年广东省工程建设标准制修订计划〉的通知》（粤建科函〔2020〕397号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验和研究成果，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 原材料；5. 混凝土性能；6. 配合比设计；7. 施工；8. 质量检验及验收。

本规程由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由中国铁建港航局集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国铁建港航局集团有限公司（地址：广东省珠海市香洲区前山翠峰街189号，邮编519000，邮箱：269347579@qq.com）。

本规程主编单位：中国铁建港航局集团有限公司

华南理工大学

深圳市综合交通设计研究院有限公司

本规程参编单位：中铁建港航局集团工程检测有限公司

中铁建港航局集团勘察设计院有限公司

珠海交通集团有限公司

佛山建中混凝土有限公司

珠海市交通工程质量监督检测站

广东省建筑科学研究院集团股份有限公司

广东省建设工程质量安全检测总站有限公司

山西格瑞特建筑科技股份有限公司

德庆县粤盈石业有限公司

本规程主要起草人员：谭世霖 杨医博 谢勇利 蒋雪琴 周启源 刘忠平 董琴亮

李永龙 郭文瑛 李才杰 陈维家 胡铁刚 章大平 王新祥

王元光 周智敏 苏国雄 何晖宇 胡向东

本规程主要审查人员：

目次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	4
4	原材料	5
4.1	石屑	5
4.2	粗骨料	8
4.3	水泥	8
4.4	矿物掺合料	8
4.5	外加剂	9
4.6	拌合用水	9
5	混凝土性能	10
5.1	拌合物性能	10
5.2	力学性能	10
5.3	长期性能和耐久性能	10
6	配合比设计	12
6.1	一般规定	12
6.2	密堆法配合比设计方法与步骤	12
7	施工	17
7.1	一般规定	17
7.2	原材料计量	17
7.3	混凝土搅拌	18
7.4	混凝土运输	18
7.5	混凝土浇筑	19
7.6	拆模	20
7.7	混凝土养护	21
8	质量检验及验收	23
8.1	原材料质量检验	23
8.2	混凝土拌合物性能检验	24
8.3	硬化混凝土性能检验	24
8.4	石屑混凝土工程验收	25
附录 A	颗粒级配试验	26
	标准用词说明	28
	引用标准名录	29
附:	条文说明	30

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols	2
	2.1 Terms	2
	2.2 Symbols	2
3	Basic Requirements	4
4	Raw Materials.....	5
	4.1 Granite Chippings.....	5
	4.2 Coarse Aggregate.....	8
	4.3 Cement.....	8
	4.4 Mineral Additives	8
	4.5 Chemical Admixture.....	9
	4.6 Mixing Water	9
5	Concrete Performance	10
	5.1 Mixture Performance	10
	5.2 Mechanical Performance	10
	5.3 Long-term Performance and Durability.....	10
6	Design of Mix Proportion	12
	6.1 General Requirements	12
	6.2 Design Method and Steps of Packing Density Method.....	12
7	Construction	17
	7.1 General Requirements	17
	7.2 Weighing of Raw Material	17
	7.3 Mixing of Fresh Concrete	18
	7.4 Transportation of Fresh Concrete	18
	7.5 Casting of Concrete	19
	7.6 Demoulding.....	20
	7.7 Curing of Concrete	21
8	Quality Inspection and Acceptance	23
	8.1 Quality Inspection of Raw Materials.....	23
	8.2 Performance Inspection of Concrete Mixture.....	24
	8.3 Performance Inspection of Hardened Concrete.....	24
	8.4 Acceptance of Concrete Engineering	25
	Appendix A Particle Grading Test	26
	Explanation of Wording in This Specification	28
	List of Quoted Standards	29
	Addition: Explanation of Provisions	30

1 总则

1.0.1 为规范花岗岩石屑混凝土的工程应用，做到技术先进、经济合理、安全适用和保证工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于 C55 及以下强度等级的花岗岩石屑混凝土的原材料质量控制、配合比设计、施工、质量检验及验收。采用花岗岩石屑配制 C60 及以上强度等级混凝土时，应进行试验论证。

1.0.3 花岗岩石屑混凝土的应用除应符合本规程外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 花岗岩石屑 granite chippings

矿山或碎石加工厂在采用除土、机械破碎和筛分等工艺生产花岗岩碎石（不包括各类尾矿碎石）过程中，产生的粒径小于 9.5mm 的细碎岩石颗粒。以下除特别说明外，均简称石屑。

2.1.2 石粉含量 fine content

石屑中粒径小于 75 μm 的颗粒含量。

2.1.3 亚甲蓝（MB）值 methylene blue value

用于判定石屑中粒径小于 75 μm 的颗粒吸附性能的指标。

2.1.4 饱和面干吸水率 Saturated-surface-dry water absorption

石屑表面干燥而内部孔隙含水达到饱和时的含水率。

2.1.5 砂率 sand ratio

混凝土中石屑（或石屑与天然砂、机制砂质量之和）与砂石骨料总质量之比。

2.1.6 花岗岩石屑混凝土 granite chippings concrete

以花岗岩石屑为主要细骨料配制而成的混凝土，简称石屑混凝土。

2.2 符号

α_i ——不同粒径粗骨料占粗骨料总质量的比例；

$f_{\text{cu},0}$ ——混凝土配制强度（MPa）；

$f_{\text{cu},k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值（MPa）；

m_{a0} ——计算配合比每立方米混凝土中外加剂用量（ kg/m^3 ）；

m_{b0} ——计算配合比每立方米混凝土中胶凝材料用量（ kg/m^3 ）；

m_{c0} ——计算配合比每立方米混凝土中水泥用量（ kg/m^3 ）；

m_{f0} ——计算配合比每立方米混凝土中矿物掺合料用量（ kg/m^3 ）；

m_{g0} ——计算配合比每立方米混凝土中碎石总用量（ kg/m^3 ）；

m_{s0} ——计算配合比每立方米混凝土中石屑用量 (kg/m^3) ;

m_{w0} ——计算配合比每立方米混凝土中用水量 (kg/m^3) ;

m_{w1} ——计算配合比每立方米混凝土中实际用水量 (kg/m^3) ;

m_{wf} ——计算配合比每立方米混凝土中附加用水量 (kg/m^3) ;

n ——浆体富余系数;

Q_x ——石屑饱和面干吸水率 (%) ;

U_w ——密堆砂率对应的混合骨料紧密堆积密度 (kg/m^3) ;

V_a ——混凝土含气量 (%) ;

V_p ——浆体体积;

V_v ——混合骨料空隙率 (%) ;

W/B ——水胶比;

X_a ——外加剂含固量 (%) ;

β_a ——外加剂掺量 (%) ;

β_c ——水泥在胶凝材料中所占的质量比;

β_f ——矿物掺合料在胶凝材料中所占的质量比;

β_s ——砂率;

ρ ——混合骨料表观密度 (kg/m^3) ;

ρ_s ——石屑的表观密度 (kg/m^3) ;

ρ_{ai} ——不同粒径粗骨料的表观密度 (kg/m^3) ;

ρ_c ——水泥的密度 (kg/m^3) ;

ρ_f ——掺合料的密度 (kg/m^3) ;

ρ_w ——水的密度 (kg/m^3) ;

ρ_p ——浆体的密度 (kg/m^3) ;

σ ——混凝土强度标准差 (MPa) 。

3 基本规定

3.0.1 石屑混凝土的拌合物性能、力学性能、变形性能和耐久性等性能指标应满足工程设计和施工要求。

3.0.2 石屑进场时，应具备出厂检验报告，检验项目不齐全的不得进场。

3.0.3 石屑进场后应按产地、规格、类别分别堆放。

3.0.4 石屑堆放应搭建雨棚、硬化场地、采取排水措施、符合环保要求，并应防止颗粒离析、混入杂质。

3.0.5 石屑进场后应进行检验，检验不合格的石屑不得使用。

3.0.6 用于建筑工程的石屑放射性应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的规定。

4 原材料

4.1 石屑

4.1.1 一般规定

石屑应符合以下一般规定：

- 1 石屑的母岩岩性应均一，饱和状态抗压强度不宜小于 75MPa。
- 2 优先选用反击破生产工艺得到的石屑。
- 3 对于长期处于潮湿环境中的重要混凝土结构或对碱骨料反应有设计要求的混凝土，应进行石屑的碱活性检验。

4.1.2 规格与类别

石屑的规格与类别应符合以下规定：

1 规格

石屑的粗细程度按细度模数分为粗石屑、中石屑两种规格，其中粗石屑细度模数为 3.7~3.1，中石屑细度模数为 3.0~2.3。

2 类别

石屑按技术要求分为 I 类、II 类、III 类，优先选用 I 类和 II 类石屑。

4.1.3 质量标准

石屑质量应符合以下规定：

1 颗粒级配

石屑级配应符合表 4.1.3-1 的规定或应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 中机制砂的规定。石屑的实际颗粒级配与表 4.1.3-1 中累计筛余相比，除 4.75mm 和 0.60mm 的累计筛余外，其余筛孔的累计筛余可超出表中限定范围，但超出总量应小于 5%。

表 4.1.3-1 石屑级配区

方孔筛筛孔尺寸 (mm)	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
累计筛余 (%)	5-0	25-0	50-20	65-35	80-55	92-62	94-75

不符合表 4.1.3-1 或现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 中机制砂的要求时，宜采取相应的技术措施，并应经试验证明能确保混凝土质量后再使用。

2 石粉含量

石屑 MB 值 ≤ 1.4 时，石粉含量应符合表 4.1.3-2 的规定。石屑 MB 值 > 1.4 时，石粉含量应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 中机制砂的规定。

表 4.1.3-2 石粉含量

类别	I	II	III
石粉含量(按质量计) (%)	≤ 10	≤ 15	≤ 20

3 泥块含量

石屑中的泥块含量应符合表 4.1.3-3 的规定。

表 4.1.3-3 泥块含量

类别	I	II	III
泥块含量(按质量计) (%)	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 3.0

4 有害物质

石屑的云母、轻物质、有机物、硫化物及硫酸盐，其限量应符合表 4.1.3-4 的规定。

表 4.1.3-4 有害物质限量

类别	I	II	III
云母(按质量计) (%)	≤ 1.0	≤ 2.0	
轻物质(按质量计) (%)	≤ 1.0		
有机物	合格		
硫化物及硫酸盐 (按 SO_3 质量计) (%)	≤ 0.5		
氯化物 (以氯离子质量计) (%)	≤ 0.01	≤ 0.02	≤ 0.06

5 坚固性

采用硫酸钠溶液进行试验，石屑的质量损失应符合表 4.1.3-5 的规定。

表 4.1.3-5 坚固性指标

类别	I	II	III
质量损失 (%)	≤8		≤10

6 压碎指标

石屑的压碎指标应符合表 4.1.3-6 的规定。

表 4.1.3-6 压碎指标

类别	I	II	III
单级最大压碎指标 (%)	≤25	≤30	≤35

7 表观密度、堆积密度及空隙率

石屑的表观密度应不小于 2500 kg/m³，松散堆积密度应不小于 1400 kg/m³，松散堆积空隙率应不大于 45%。

8 饱和面干吸水率

石屑的饱和面干吸水率不宜大于 3.0%。

9 棱角性

石屑的棱角性按流出时间宜小于 25s。

10 碱集料反应

经碱集料反应试验后，试件应无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象，在规定的试验龄期膨胀率应小于 0.10%。

4.1.4 石屑颗粒级配的试验方法详见附录 A，石粉含量、亚甲蓝 (MB) 值、泥块含量、有害物质、坚固性、压碎指标、表观密度、堆积密度、空隙率、饱和面干吸水率、碱集料反应等试验应按现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 有关规定执行。石屑的棱角性试验应按现行行业标准《公路工程集料试验规程》JTG E42 中的细集料棱角性试验（流动时间法）执行，试样最大粒径为 4.75mm。

4.1.5 当石屑与天然砂或机制砂混合使用时，天然砂和机制砂的质量应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 或行业现行标准的规定。

4.2 粗骨料

4.2.1 粗骨料宜选用碎石，使用卵石时应经试验验证。

4.2.2 粗骨料应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 或行业现行标准的规定。

4.2.3 粗骨料宜由两种或两种以上不同粒径的粗骨料掺配得到。

4.2.4 粗骨料最大粒径应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 等的规定。

4.2.5 粗骨料性能的试验方法应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 或行业现行标准的规定。

4.3 水泥

4.3.1 水泥宜选用通用硅酸盐水泥，且其性能应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定；当采用其他品种水泥时，其性能应符合国家现行有关标准的规定。

4.3.2 水泥的入机温度不宜超过 60℃。

4.3.3 水泥性能的试验方法应符合国家现行有关标准的规定。

4.4 矿物掺合料

4.4.1 矿物掺合料宜选用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等，其性能应分别符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T1596、《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 等的规定。

4.4.2 矿物掺合料可单独使用，也可混合使用，并应符合国家现行有关标准的规定。

4.4.3 矿物掺合料的试验方法应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596、《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 等的规定。

4.5 外加剂

4.5.1 外加剂性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 等的规定。

4.5.2 减水剂宜选用聚羧酸系高性能减水剂。聚羧酸系高性能减水剂性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 或现行行业标准《聚羧酸系高性能减水剂》JG/T 223 的规定。

4.5.3 外加剂应与胶凝材料、石粉有良好的相容性，其掺量应通过试验确定。

4.5.4 外加剂性能的试验方法应符合国家或行业现行有关标准的规定。

4.6 拌合用水

4.6.1 拌合用水性能应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

4.6.2 拌合用水性能试验方法应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

5 混凝土性能

5.1 拌合物性能

5.1.1 石屑混凝土拌合物应具有良好的流动性、黏聚性和保水性，不得离析或泌水。

5.1.2 石屑混凝土坍落度应满足工程设计和施工要求；用于泵送的石屑混凝土坍落度经时损失不宜大于 30mm/h。石屑混凝土坍落度的试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的规定。

5.1.3 石屑混凝土拌合物的凝结时间应满足施工要求和混凝土性能要求。

5.1.4 石屑混凝土拌合物的水溶性氯离子最大含量应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定。

5.2 力学性能

5.2.1 石屑混凝土强度等级应按混凝土立方体抗压强度标准值确定，分为 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55 共 9 个等级，并应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 进行评定。

5.2.2 石屑混凝土的强度标准值、强度设计值、弹性模量、轴心抗压强度与抗拉疲劳强度设计值、疲劳变形模量等可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

5.2.3 石屑混凝土力学性能应按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定进行试验测定，并应满足设计要求。

5.3 长期性能和耐久性能

5.3.1 石屑混凝土的收缩和徐变性能应符合设计要求。石屑混凝土的收缩和徐变性能试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的规定。

5.3.2 石屑混凝土应具备良好的早期抗裂性能。混凝土抗裂性能的试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的规定。

5.3.3 石屑混凝土的抗冻、抗渗、抗氯离子渗透、抗碳化和抗硫酸盐侵蚀等耐久性能应符合设计要求；当设计无要求时，石屑混凝土耐久性应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。石屑混凝土耐久性能试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的规定。

5.3.4 石屑混凝土用于有预防混凝土碱骨料反应设计要求的工程时，宜掺用适量粉煤灰或其他矿物掺合料，混凝土中最大碱含量不应大于 3.0kg/m^3 。石屑混凝土的总碱含量应按现行国家标准《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB 50733 的规定计算。

6 配合比设计

6.1 一般规定

6.1.1 石屑混凝土配合比应根据混凝土强度等级、施工性能、长期性能和耐久性能等要求,在满足工程设计和施工要求的前提下,遵循低水泥用量、低用水量的原则进行设计。

6.1.2 石屑混凝土配合比设计应严格选用工程的原材料,配合比设计所采用的细骨料含水率应小于 0.5%,粗骨料含水率应小于 0.2%。

6.1.3 对于有抗冻、抗渗、抗碳化、抗氯离子侵蚀和抗化学腐蚀等耐久性要求的石屑混凝土,应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 及现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 等的规定。

6.1.4 石屑混凝土应进行坍落度经时损失试验,并应确认满足施工要求后才可使用。

6.1.5 对有抗裂性能要求的石屑混凝土,应通过混凝土早期抗裂试验和收缩试验确定配合比。

6.1.6 用于泵送施工的石屑混凝土配合比设计,应根据混凝土原材料、混凝土运输距离、混凝土泵与混凝土输送管径、泵送距离、环境气温等具体施工条件进行设计和试配。

6.1.7 当石屑混凝土的原材料品种或质量有显著变化,或混凝土生产间断半年以上时,应重新进行混凝土配合比设计;当石屑检验发现颗粒级配、石粉含量发生明显变化时,应适当调整配合比。

6.1.8 石屑混凝土配合比必须经具有专业资质的检测机构验证后方可用于工程施工,不得直接套用其他工程的配合比。

6.2 密堆法配合比设计方法与步骤

6.2.1 配制强度的确定

配制强度的确定应符合以下规定:

石屑混凝土配制强度 ($f_{cu,0}$) 应按下列式计算:

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \dots \dots \dots (6.2.1)$$

式中： $f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度（MPa）；

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值，取混凝土的设计强度等级值（MPa）；

σ ——混凝土强度标准差（MPa），应通过强度统计数据计算得到，且不应低于4.0MPa。无统计资料时，其值可按表 6.2.1 取用。

表 6.2.1 σ 值

混凝土强度标准值	$\leq C20$	C25~C45	C50~C55
σ (MPa)	4.0	5.0	6.0

6.2.2 计算配合比的确定

计算配合比的确定应符合以下规定：

1 确定粗骨料级配。通过不同粒径粗骨料的紧密堆积试验，得到最小空隙率的粗骨料掺配比例。

2 确定密堆砂率，计算石屑和粗骨料用量。采用不同砂率的石屑填充粗骨料，进行紧密堆积试验，在砂率与堆积密度关系曲线上取最大堆积密度（ U'_w ）对应的砂率为密堆砂率。以此最大堆积密度为单方混凝土中石屑和粗骨料的总质量，按密堆砂率时的石屑和粗骨料比例，计算得到石屑和粗骨料用量。

石屑用量（ m_{s0} ）应按下式计算：

$$m_{s0} = U'_w \times \beta_s \dots\dots\dots (6.2.2-1)$$

式中： m_{s0} ——计算配合比每立方米混凝土中石屑用量（ kg/m^3 ）；

U'_w ——密堆砂率对应的混合骨料最大堆积密度（ kg/m^3 ）；

β_s ——砂率，用小数表示。

粗骨料总用量（ m_{g0} ）应按下式计算。计算得到粗骨料总用量后，再按不同粒径粗骨料的掺配比例，计算各种粒径粗骨料的用量。

$$m_{g0} = U'_w \times (1 - \beta_s) \dots\dots\dots (6.2.2-2)$$

式中： m_{g0} ——计算配合比每立方米混凝土中粗骨料总用量（ kg/m^3 ）。

3 计算混合骨料表观密度和混合骨料空隙率。混合骨料表观密度（ ρ ）和空隙率（ V_v ）应按下列公式计算：

$$\rho = \frac{1}{\frac{\beta_s}{\rho_s} + \sum \frac{(1-\beta_s)\alpha_i}{\rho_{ai}}} \dots\dots\dots (6.2.2-3)$$

$$V_v = \left(1 - \frac{U_w}{\rho}\right) \times 100 \dots\dots\dots (6.2.2-4)$$

式中： ρ ——混合骨料表观密度（ kg/m^3 ）；

ρ_s ——石屑的表观密度（ kg/m^3 ）；

ρ_{ai} ——不同粒径粗骨料的表观密度（ kg/m^3 ）；

α_i ——不同粒径粗骨料占粗骨料总质量的比例，用小数表示；

V_v ——混合骨料空隙率（%）。

4 确定胶凝材料组成。按设计要求的混凝土强度等级和耐久性，选择胶凝材料组成。

5 确定水胶比。按照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55，计算水胶比，且水胶比应满足混凝土耐久性要求。

6 选取浆体富余系数，计算浆体体积和浆体密度。浆体体积（ V_p ）与浆体密度（ ρ_p ）应按下列公式计算：

$$V_p = n \times 0.01(V_v - V_a) \dots\dots\dots (6.2.2-5)$$

式中： V_p ——浆体体积，用小数表示；

n ——浆体富余系数，通常可取 1.10；

V_a ——混凝土含气量（%）。引气混凝土可取设计值的中值，非引气混凝土可取 1.5%。

$$\rho_p = \frac{1+W/B}{\frac{\beta_c}{\rho_c} + \frac{\beta_f}{\rho_f} + \frac{W/B}{\rho_w}} \dots\dots\dots (6.2.2-6)$$

式中： ρ_p 、 ρ_c 、 ρ_f 、 ρ_w ——分别为浆体、水泥、矿物掺合料、水的密度（ kg/m^3 ）；

β_c 、 β_f ——分别代表水泥、矿物掺合料在胶凝材料中所占的质量比，用小数表示；

W/B ——水胶比。

7 计算胶凝材料用量和单位用水量。胶凝材料用量（ m_{b0} ）、矿物掺合料用量（ m_{f0} ）、水泥用量（ m_{c0} ）和用水量（ m_{w0} ）应按下列公式计算：

$$m_{b0} = \frac{V_p \times \rho_p}{1+W/B} \dots\dots\dots (6.2.2-7)$$

式中： m_{b0} ——计算配合比每立方米混凝土中胶凝材料用量（ kg/m^3 ）。

$$m_{f0} = m_{b0} \times \beta_f \dots\dots\dots (6.2.2-8)$$

式中： m_{f0} ——计算配合比每立方米混凝土中矿物掺合料用量（ kg/m^3 ）；

$$m_{c0} = m_{b0} - m_{f0} \dots\dots\dots (6.2.2-9)$$

式中： m_{c0} ——计算配合比每立方米混凝土中水泥用量（ kg/m^3 ）。

$$m_{w0} = m_{b0} \times W/B \dots\dots\dots (6.2.2-10)$$

式中： m_{w0} ——计算配合比每立方米混凝土中用水量（ kg/m^3 ）。

8 计算石屑附加用水量。附加用水量为石屑饱和面干吸水率乘以石屑质量。附加用水量不计入水胶比，不计入体积。石屑附加用水量应按下式计算：

$$m_{wf} = m_{s0} \times 0.01Q_x \dots\dots\dots (6.2.2-11)$$

式中： m_{wf} ——计算配合比每立方米混凝土中附加用水量（ kg/m^3 ）；

Q_x ——石屑饱和面干吸水率（%）。

9 计算外加剂用量。根据混凝土的性能要求、石屑中石粉含量、减水剂厂家推荐掺量等选择外加剂初始掺量。外加剂用量（ m_{a0} ）应按下式计算：

$$m_{a0} = m_{b0} \times 0.01\beta_a \dots\dots\dots (6.2.2-12)$$

式中： m_{a0} ——计算配合比每立方米混凝土中外加剂用量（ kg/m^3 ）；

β_a ——外加剂掺量（%）。

10 计算混凝土的实际用水量。实际用水量等于用水量加上石屑附加用水量，再扣除液体外加剂中的水量。混凝土的实际用水量（ m_{w1} ）应按下式计算：

$$m_{w1} = m_{w0} + m_{wf} - m_{a0} \times (1 - 0.01X_a) \dots\dots\dots (6.2.2-13)$$

式中： m_{w1} ——计算配合比每立方米混凝土中实际用水量（ kg/m^3 ）；

X_a ——外加剂含固量（%）。

6.2.3 配合比的试配、调整与确定

配合比的试配、调整与确定应符合以下规定：

1 试配时应采用强制式搅拌机，每盘混凝土最小搅拌量和实验室成型条件应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定。

2 在计算配合比的基础上进行试拌。保持水胶比不变，调整减水剂掺量至工作性能满足要求。若减水剂超掺后混凝土工作性能仍较差，则进行增加浆体富余系数的混凝土配合比试验，以工作性能满足要求的最小浆体富余系数为初选浆体富余系数。

3 在第 2 步确定的配合比基础上，保持粗细骨料总用量不变，降低砂率（每次可降低 2%），进行配合比计算和试拌。测定混凝土的工作性能，以工作性能最优的砂率为优选砂率。

4 在第 3 步确定的配合比基础上，保持水胶比、粗细骨料用量不变，降低浆体富余系数（每次可降低 0.02~0.03），进行配合比计算和试拌，适当调整减水剂用量使混凝土工作性能满足要求，选择工作性能满足要求的最小浆体富余系数为优选浆体富余系数。

5 在第 4 步确定的配合比基础上进行混凝土强度试验，保持浆体体积不变，水胶比分别增加和减少 0.03~0.05，计算另两个配合比，并进行混凝土试拌，通过调整减水剂用量得到工作性能满足要求的混凝土。

6 对第 4 步和第 5 步试拌得到的 3 个配合比，进行混凝土拌合物表观密度和强度试验。按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 规定绘制强度和胶水比的线性关系图或插值法确定略大于配制强度对应的胶水比，保持浆体体积不变，按确定的水胶比计算配合比各种材料用量并进行试拌，通过调整减水剂用量得到工作性能满足要求的混凝土；也可选择强度略大于配制强度、胶凝材料用量较低、经济性较好的配合比作为优选配合比。最后按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 计算校正系数，校核每项材料用量，得到基准配合比。

7 基准配合比确定后，应测定拌合物水溶性氯离子含量，试验结果应符合本规程 5.1.4 的规定。

8 应对混凝土 28d 抗压强度进行复验：采用基准配合比配制 3 盘混凝土，每盘制作 3 组混凝土试件，9 组试件的 28d 抗压强度平均值应大于配制强度，最低值应大于 0.95 倍配制强度。

9 在进行 28d 抗压强度复验的同时，应进行设计要求的混凝土耐久性能和其他性能试验，试验结果应满足设计要求。

10 结合搅拌站试生产，对基准配合比进行生产适应性调整，最终确定工程配合比。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 石屑混凝土生产与施工应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。

7.1.2 施工前，施工单位应根据设计要求、工程性质、结构特点和环境条件等，制定石屑混凝土施工技术方案的。

7.1.3 石屑、天然砂、机制砂、粗骨料含水率的检验每工作班不应少于 1 次；当雨雪天气等外界影响导致骨料含水率变化时，应及时检验，并应根据检验结果及时调整施工配合比。

7.1.4 石屑混凝土运输、输送、浇筑过程中严禁加水。

7.1.5 施工过程中，应对混凝土原材料计量、混凝土搅拌、混凝土运输、混凝土浇筑、拆模及养护进行全过程控制。

7.2 原材料计量

7.2.1 原材料计量应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。

7.2.2 原材料称量宜采用自动计量，并应严格按照施工配合比进行计量。每盘原材料计量的允许偏差应符合表 7.2.2 的规定。

表 7.2.2 每盘原材料计量的允许偏差

原材料种类	允许偏差（按质量计）
胶凝材料	±1%
外加剂	±1%
粗、细骨料	±2%
拌合用水	±1%

7.3 混凝土搅拌

7.3.1 石屑混凝土的搅拌应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

7.3.2 混凝土搅拌机应符合现行国家标准《混凝土搅拌机》GB/T 9142 的有关规定。

7.3.3 外加剂宜采用液体外加剂，当采用粉体外加剂时，应适当延长搅拌时间，延长时间应不少于 30s。

7.3.4 石屑混凝土搅拌工艺可采用现有的混凝土搅拌工艺，宜优先采用水泥裹砂石法。

7.3.5 拌制第一盘石屑混凝土时，宜增加 10% 的水泥和石屑用量，并保持水胶比不变，以便搅拌机挂浆。

7.3.6 石屑混凝土应采用强制式搅拌机搅拌，确保拌制均匀，颜色一致，不得有离析和泌水现象。搅拌时间应通过试验确定，最短搅拌时间不宜少于 90s。

7.3.7 石屑混凝土坍落度应严格控制，坍落度允许偏差应符合表 7.3.7 的规定。

表 7.3.7 坍落度允许偏差

坍落度 (mm)	允许偏差 (mm)
≤40	±10
50~90	±20
≥100	±30

7.4 混凝土运输

7.4.1 石屑混凝土的运输应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《预拌混凝土》GB/T 14902 的相关规定。

7.4.2 混凝土运输能力应与混凝土的凝结时间和浇筑速度相适应，应使浇筑工作不间断，且混凝土运到浇筑地点时仍能保持其均匀性和规定的坍落度。

7.4.3 采用泵送施工的石屑混凝土，其运输应能保证混凝土的连续泵送，并应符合现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 的有关规定。

7.4.4 混凝土的运输宜采用搅拌运输车，途中应以 2~4r/min 的慢速进行搅动，卸料前应以快速再次搅拌。

7.4.5 混凝土运输至浇筑现场时，不得出现离析或分层现象。

7.4.6 对于采用搅拌运输车运输的混凝土，当坍落度损失较大不能满足施工要求时，可在运输车罐内加入适量与原配合比相同成分的减水剂，并快速旋转搅拌均匀，达到要求的工作性能后再泵送或浇筑。减水剂加入量应事先由试验确定，并应进行记录。

7.5 混凝土浇筑

7.5.1 石屑混凝土的浇筑应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

7.5.2 应根据待浇筑结构物的情况、环境条件及浇筑量等制定合理的浇筑工艺方案。

7.5.3 混凝土浇筑时的自由倾落高度不宜大于 2m。当大于 2m 时，应采用滑槽、漏斗、串筒等器具辅助输送混凝土。

7.5.4 浇筑前应对混凝土的坍落度进行检测，混凝土振捣应保证混凝土密实、均匀，并应避免欠振、过振和漏振。

7.5.5 夏季施工时，混凝土拌合物入模温度不应超过 35℃，宜选择夜间浇筑混凝土。当现场温度高于 35℃时，宜对金属模板进行浇水降温，并不得留有积水，可采取遮挡措施避免阳光照射金属模板。

7.5.6 冬季施工时，混凝土拌合物入模温度不应低于 5℃，并应采取相应保温措施。

7.5.7 当风速大于 5m/s 时，石屑混凝土浇筑宜采取挡风措施。

7.5.8 浇筑大体积混凝土时，应采取必要的温控措施，保证混凝土温差控制在设计要求的范围以内。当混凝土温差设计无要求时，应符合现行国家标准《大体积混凝土施工标准》GB 50496 的规定。

7.5.9 混凝土应按一定的厚度、顺序和方向分层浇筑，且应在下层混凝土初凝前浇筑完成上层混凝土，上下层的前后浇筑距离应保持 1.5m 以上。分层浇筑厚度不宜超过表 7.5.9 的规定。

表 7.5.9 不同振捣方式时的混凝土浇筑厚度

振捣方式		浇筑层厚度 (mm)
采用插入式振动器		300
采用附着式振动器		300
采用表面振动器	无筋或配筋稀疏时	250
	配筋较密时	150

7.5.10 采用插入式振动器的移位间距应不超过振动器作用半径的 1.5 倍，与侧模应保持 50~100mm 的距离，且插入下层混凝土中的深度宜为 50~100mm；表面振动器的移位间距应使振动器平板能覆盖已振实部分不小于 100mm；附着式振动器的布置距离应通过试验确定。

7.5.11 振动时每一振点的振动延续时间宜为 30s~40s，以混凝土停止下沉、不出现气泡、表面呈现浮浆为止。

7.5.12 混凝土振动时，应避免碰撞模板、钢筋及预埋件。在浇筑过程中，应观察模板支撑的稳定性和接缝的密合状态，不得出现漏浆现象。

7.5.13 混凝土的浇筑宜连续进行，因故中断间歇时，其间歇时间应小于前层混凝土的初凝时间或能重塑时间。混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不宜超出表 7.5.13 的规定。

表 7.5.13 混凝土运输、浇筑及间歇的全部允许时间 (min)

石屑混凝土等级	气温 $\leq 25^{\circ}\text{C}$	气温 $> 25^{\circ}\text{C}$
$\leq \text{C}30$	210	180
$> \text{C}30$	180	150

注：当混凝土中掺入速凝剂或缓凝剂时，其允许时间应通过试验确定。

7.5.14 石屑混凝土振捣密实后，在终凝以前应采用抹面机械或人工多次抹压，并应在抹压后进行保湿养护。保湿养护可采用洒水、覆盖、喷涂养护剂等方式。

7.5.15 在环境相对湿度较小的条件下浇筑混凝土时，应采取适当措施防止混凝土表面过快失水。

7.5.16 石屑混凝土构件成型后，在抗压强度达到 1.2MPa 以前，不得在混凝土上面踩踏行走。

7.6 拆模

7.6.1 模板拆除的顺序应按施工方案的要求进行。当无要求时，应按照先支后拆、后支先拆的原则。

7.6.2 石屑混凝土侧模拆除时，其强度应能保证结构表面、棱角及内部不受损伤。

7.6.3 石屑混凝土底模拆除时，其强度应符合设计要求；当设计无要求时，强度应符合表 7.6.3 的规定。

表 7.6.3 底模拆除时混凝土强度

序号	结构型式	结构尺度 (m)	达到设计强度标准值的百分率 (%)
1	板	≤ 2	≥ 50
		$> 2, \leq 8$	≥ 75
		> 8	≥ 100
2	梁、拱、壳	≤ 8	≥ 75
		> 8	≥ 100
3	悬臂构件	—	≥ 100

7.6.4 石屑混凝土拆模后，其强度未达到设计强度的 75%时，应避免与流动水接触。

7.6.5 当遇大风或气温急剧变化时，不宜拆模。

7.7 混凝土养护

7.7.1 石屑混凝土的养护应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定执行。

7.7.2 石屑混凝土养护时间应符合下列规定：

1 对于采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥配制的混凝土，采取浇水和潮湿覆盖的养护时间不得少于 7d；

2 对于采用粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥配制的混凝土，或掺加缓凝剂的混凝土，以及大掺量矿物掺合料混凝土，采取浇水和潮湿覆盖的养护时间不得少于 14d；

3 对于竖向混凝土结构，养护时间宜适当延长。

7.7.3 石屑混凝土构件或制品养护应符合下列规定：

1 采用蒸汽养护或湿热养护时，养护时间和养护制度应满足混凝土及其制品性能的要求；

2 采用蒸汽养护时，应分为静停、升温、恒温和降温四个阶段。混凝土成型后的静停时间不宜少于 2h，升温速度不宜超过 25℃/h，降温速度不宜超过 20℃/h，最高温度和恒温温度均不宜超过 65℃；混凝土构件或制品在出池或撤除养护措施前，应进行温度测量，且构件出池或撤除养护措施时，表面与外界温差不得大于 20℃；

3 采用潮湿自然养护时，应符合本规程第 7.7.2 条的规定。

7.7.4 大体积混凝土养护过程中应进行温度控制，混凝土内部和表面的温差不宜超过 25℃，表面与外界温差不宜大于 20℃；保温层拆除时，混凝土表面与环境最大温差不宜大于 20℃。

7.7.5 冬季施工的石膏混凝土，日均气温低于 5℃时，不得采取浇水自然养护方法。撤除养护措施时，混凝土强度应至少达到设计强度等级的 50%。

7.7.6 掺用膨胀剂的石膏混凝土，应采取保湿养护，养护龄期不应小于 14d。冬季施工时，对于墙体，带模养护不应小于 7d。

7.7.7 石膏混凝土养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

8 质量检验及验收

8.1 原材料质量检验

8.1.1 石屑混凝土原材料进场时，应按规定批次验收型式检验报告、出厂检验报告或合格证等质量证明文件，外加剂产品还应具有使用说明书。

8.1.2 石屑混凝土原材料进场后，应进行进场检验，且在混凝土生产过程中，宜对混凝土原材料进行随机抽检。

8.1.3 原材料进场检验和生产中抽检项目应符合下列规定：

1 石屑应对颗粒级配、细度模数、石粉含量、亚甲蓝（*MB*）值、泥块含量、表观密度、堆积密度、空隙率、棱角性、压碎指标、饱和面干吸水率、含水率等进行检验。对于有抗渗、抗冻要求的混凝土，还应检验其坚固性；对于有预防混凝土碱骨料反应要求的混凝土，还应进行碱活性试验；

2 天然砂、机制砂、粗骨料、水泥、矿物掺合料、外加剂、拌合用水质量检验应符合相应国家及行业现行标准规定；

3 当工程设计有其他要求时，原材料还应增加相应检验项目。

8.1.4 原材料的检验规则应符合下列规定：

1 石屑、天然砂、机制砂验收应按同产地同规格分批验收，应以 400m^3 或 600t 作为一检验批；不足一个检验批时，也应按一个检验批计；

2 对于同一生产厂家、同一强度等级、同一品种、同一批号且连续进场的水泥，袋装水泥应以 200t 为一检验批，散装水泥应以 500t 为一检验批；不足一个检验批时，也应按一个检验批计；

3 粗骨料应以 400m^3 或 600t 作为一检验批，不足一个检验批时，也应按一个检验批计；

4 粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料应按 200t 为一检验批，硅灰应按每 30t 为一检验批；不足一个检验批时，也应按一个检验批计；

5 外加剂应按每 50t 为一检验批；不足一个检验批时，也应按一个检验批计；

6 拌合用水应按同一水源不少于一个检验批；

7 当原材料来源稳定且连续三次检验合格时，可将检验批量扩大一倍。

8.1.5 原材料的取样应符合下列规定：

- 1 石屑的取样应按现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的规定执行；
- 2 其他原材料的取样应按国家现行有关标准执行。

8.1.6 原材料的质量应符合本规程第 4 章的规定。

8.2 混凝土拌合物性能检验

8.2.1 石屑混凝土原材料计量系统应经检定合格后方可使用，且混凝土生产单位每月应自检一次。原材料计量偏差应每班检查 1 次，原材料计量偏差应符合本规程第 7.2.2 条的规定。

8.2.2 在生产和施工过程中，应对石屑混凝土拌合物进行抽样检验，流动性、黏聚性和保水性应在搅拌地点和浇筑地点分别取样检验。

8.2.3 混凝土拌合物的检验频率应符合下列规定：

1 混凝土坍落度的取样检验频率应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的规定；

2 同一工程、同一配合比、采用同一批次水泥和外加剂的混凝土的凝结时间应至少检验 1 次；

3 同一工程、同一配合比的混凝土拌合物水溶性氯离子含量应至少检验 1 次。

8.2.4 石屑混凝土拌合物流动性、黏聚性和保水性项目，每工作班应至少检验 2 次。

8.2.5 石屑混凝土拌合物性能应符合本规程第 5.1 节的规定。

8.3 硬化混凝土性能检验

8.3.1 石屑混凝土强度的检验评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的规定。

8.3.2 石屑混凝土长期性能和耐久性能的检验评定应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 的规定。

8.3.3 石屑混凝土的力学性能、长期性能和耐久性能应分别符合本规程第 5.2 节和第 5.3 节的规定。

8.4 混凝土工程验收

8.4.1 石屑混凝土工程施工质量验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

8.4.2 石屑混凝土工程验收时，应符合本规程对混凝土长期性能和耐久性能的规定。

附录 A 石屑颗粒级配试验

A.1 仪器设备

本试验用仪器设备如下：

- a) 鼓风干燥箱：能使温度控制在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；
- b) 天平：称量 1000g，感量 1g；
- c) 方孔筛：规格为 150 μm ，300 μm ，600 μm ，1.18 mm，2.36mm，4.75mm 及 9.50mm 的筛各一只，并附有筛底和筛盖；
- d) 摇筛机；
- e) 搪瓷盘、毛刷等。

A.2 试验步骤

A2.1 按《建设用砂》GB/T14684 的规定取样，但不筛除大于 9.50mm 的颗粒，将试样缩分至约 1100g，放在干燥箱中于 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下烘干至恒量，待冷却至室温后，分为大致相等的两份备用。

A2.2 称取试样 500g，精确至 1g。将试样倒入按孔径大小从上到下组合的套筛（包括 9.50mm 的筛和筛底），然后进行筛分。

A2.3 将套筛置于摇筛机上，摇 10min；取下套筛，按筛孔大小顺序再逐个用手筛，筛至每分钟通过量小于试样总量 0.1% 为止。通过的试样并入下一号筛中，并和下一号筛中的试样一起过筛，这样顺序进行，直至各号筛全部筛完为止。

A2.4 称出各号筛的筛余量，精确至 1g，试样在各号筛上的筛余量不得超过按公式（1）计算出的量。

$$G = \frac{A \times d^{1/2}}{200} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- G —— 在一个筛上的筛余量，单位为克 (g)；
- A —— 筛面面积，单位为平方毫米 (mm^2)；
- d —— 筛孔尺寸，单位为毫米 (mm)。

超过时应按下列方法之一处理：

a) 将该粒级试样分成少于按公式 (1) 计算出的量, 分别筛分, 并以筛余量之和作为该号筛的筛余量;

b) 将该粒级及以下各粒级的筛余混合均匀, 称出其质量, 精确至 1g。再用四分法缩分为大致相等的两份, 取其中一份, 称出其质量, 精确至 1g, 继续筛分。计算该粒级及以下各粒级的分计筛余量时应根据缩分比例进行修正。

A.3 结果计算与评定

A3.1 计算分计筛余百分率: 各号筛的筛余量与试样总量之比, 计算精确至 0.1 %。

A3.2 计算累计筛余百分率: 该号筛的分计筛余百分率加上该号筛以上各分计筛余百分率之和, 精确至 0.1 %。筛分后, 如每号筛的筛余量与筛底的剩余量之和同原试样质量之差超过 1%时, 应重新试验。

A3.3 砂的细度模数按公式 (2) 计算, 精确至 0.01:

$$M_X = \frac{(A_{0.15} + A_{0.30} + A_{0.60} + A_{1.18} + A_{2.36}) - 5A_{4.75}}{100 - A_{4.75}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

M_X ——为石屑的细度模数;

$A_{0.15}$ 、 $A_{0.30}$ 、 $A_{0.60}$ 、 $A_{1.18}$ 、 $A_{2.36}$ 、 $A_{4.75}$ ——分别为 0.15mm、0.30mm、0.60mm、1.18mm、2.36mm、4.75mm 各筛上的累计筛余百分率 (%)。

A3.4 累计筛余百分率取两次试验结果的算术平均值, 精确至 1%。细度模数取两次试验结果的算术平均值, 精确至 0.1; 如两次试验的细度模数之差超过 0.20 时, 应重新试验。

A3.5 根据各号筛的累计筛余百分率, 采用修约值比较法评定该试样的颗粒级配。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

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：

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的用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应按.....执行”或“应符合.....要求或规定”。

引用标准名录

- 1 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 2 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T1596
- 3 《建筑材料放射性核素限量》 GB 6566
- 4 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 5 《混凝土搅拌机》 GB/T 9142
- 6 《建设用砂》 GB/T 14684
- 7 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
- 8 《预拌混凝土》 GB/T 14902
- 9 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 10 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 11 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 GB/T 50080
- 12 《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 13 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082
- 14 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
- 15 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 16 《混凝土质量控制标准》 GB 50164
- 17 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 18 《混凝土结构耐久性设计规范》 GB/T 50476
- 19 《大体积混凝土施工标准》 GB 50496
- 20 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 21 《预防混凝土碱骨料反应技术规范》 GB/T 50733
- 22 《聚羧酸系高性能减水剂》 JG/T 223
- 23 《混凝土泵送施工技术规程》 JGJ/T 10
- 24 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 25 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 26 《混凝土耐久性检验评定标准》 JGJ/T 193
- 27 《公路工程集料试验规程》 JTG E42

广东省地方标准

《花岗岩石屑混凝土应用技术规程》

条文说明

目 次

1 总则.....	32
2 术语和符号.....	33
3 基本规定.....	34
4 原材料.....	35
5 混凝土性能.....	38
6 配合比设计.....	39
7 施工.....	42
8 质量检验及验收.....	44

1 总则

1.0.1 花岗岩石屑是加工碎石时产生的副产品，其技术性能与天然砂和机制砂有较大差异，无法采用现有的相关技术标准指导花岗岩石屑的选用和花岗岩石屑混凝土的设计、生产与施工，因此迫切需要制定规程，以规范花岗岩石屑在混凝土中的应用，保证工程质量。

1.0.2 本规程主要依据前期科研成果和国内外相关文献编制。前期研究中配制的花岗岩石屑混凝土最高强度等级为 C55，因此本条规定花岗岩石屑混凝土的应用范围不超过 C55，对于更高强度等级的花岗岩石屑混凝土，应进行试验论证。

1.0.3 本条规定了本规程与其他标准、规范的关系。本规程引用的标准主要为国家标准，当花岗岩石屑混凝土用于交通、水利等不同行业时，还应符合不同行业标准的要求。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 花岗岩石屑是石场加工花岗岩类碎石时通过最小筛孔的副产品，由于工艺限制，石场生产的石屑可能含有部分超过 4.75mm 的颗粒，故规定石屑的粒径为小于 9.5mm。考虑到尾矿碎石通常采用砂石联产工艺，其产品为碎石和机制砂，故采用尾矿制成的岩石颗粒不属于本规程规定的石屑。

2.1.2 本条与现行国家标准《建设用砂》GB/T14684 基本一致。

2.1.3 本条与现行国家标准《建设用砂》GB/T14684 基本一致。

2.1.4 本条与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T241 基本一致。

2.1.5 石屑中可能含有部分大于 4.75mm 的颗粒，为使用方便，仍将其全部视为细骨料。

2.1.6 考虑到通过不同砂源的混合使用以满足混凝土性能要求是目前普遍采用的技术手段，故采用石屑与天然砂或机制砂混合制备的混凝土也称为石屑混凝土。

2.2 符号

2.2.1 ρ_{ai} 指不同粒径碎石的表观密度，混凝土用碎石一般由两级或两级以上碎石组成，多级配碎石的表观密度可表示为 ρ_{a1} 、 ρ_{a2} 、 ρ_{a3} …… ρ_{ai} 。

3 基本规定

3.0.1 本条规定了石屑混凝土的拌合物性能、力学性能、变形性能和耐久性能要求。

3.0.2 本条规定了进场的石屑必须有出厂检验报告，从生产源头保证石屑的质量。进场时检验报告的检测项目应包括颗粒级配、石粉含量、亚甲蓝（*MB*）值、泥块含量、有害物质、坚固性、压碎指标、表观密度、堆积密度、空隙率、饱和面干吸水率和棱角性等指标。

3.0.3 本条规定了石屑进入应用场地的堆放要求，确保不同产地、规格、类别以及不同技术要求的石屑分类别堆放。

3.0.4 石屑由于含有一定比例的石粉，石屑遇水容易结团，不利于混合料的搅拌与混凝土的制作，故要注意防止雨淋。

3.0.5 本条规定了石屑进场应检验，对检验不合格的石屑不得使用，以确保混凝土的质量。

3.0.6 人体放射医学研究表明，遭受过量辐射会损害人体健康，甚至导致癌症。因此为保障建筑环境辐射安全，应对用于建筑工程的石屑放射性作出规定，并按现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的规定严格控制。

4 原材料

4.1 石屑

4.1.1 一般规定

1 为保证石屑混凝土强度，生产石屑的母岩应具备足够抗压强度，参考《公路机制砂高性能混凝土技术规程》T/CECS G: K50-30-2018 要求，规定生产石屑的母岩抗压强度不宜小于 75MPa。石屑母岩抗压强度按照现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 或行业现行标准测定。

2 前期研究发现，采用反击破生产工艺得到的石屑的性能指标比颚式生产工艺得到的石屑更优，且反击破工艺生产的石屑粒形较好，有利于改善石屑混凝土的和易性。

4.1.2 本条参考现行国家标准《建设用砂》GB/T14684 和《石屑在混凝土中应用技术规程》DBJ53/T-75-2015。

4.1.3 质量标准

1 颗粒级配

(1) 国内外标准对细骨料的级配要求有很大差异。有些标准给出了具体的级配区间，但有些标准规定了两个或三个级配区，而有些标准只有一个级配区；有些标准仅给出了允许波动范围，典型级配则由生产商给定。有些标准采用累计筛余（或通过率）表示级配，有些标准采用分计筛余表示级配。

从质量控制的角度考虑，采用分计筛余较好；但石屑质量波动本身较大，故仍采用累计筛余作为控制指标。前期调研发现多数石屑级配在一个相对集中的区域，且大多数石屑级配不符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 规定；考虑到英国标准 BS EN 12620:2002+A1:2008、美国标准 ASTM C33/C33M-18、美国垦务局 USBR 标准对级配不分区（用典型级配曲线和级配公差控制）或者只有一个级配区，《高性能混凝土用骨料》JG/T568-2019 同样只有一个级配区，故对石屑仅设置一个级配区，并以石屑实际级配为依据，参考国内外标准规定，制定了石屑的累计筛余范围。这一级配范围与现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 规定不一致，单纯按照石屑级配范围会导致少量符合现行国家标准的石屑被排除在外，故同时规定级配满足现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 中机制砂的规定要求的石屑也为合格。

(2) 当石屑级配不符合要求时，可采用不同石屑、石屑与天然砂或机制砂混合掺

配，或者采用石屑整形方式，改善石屑颗粒级配。

2 石粉含量

石屑在生产过程中会产生大量的石粉，石粉含量通常超过 10%。且大量研究表明，含有适量的石粉对石屑混凝土的性能是有利的。

在参考国内外标准和相关研究成果的基础上，本规程在严格控制 MB 值不大于 1.4 的前提下，将石粉含量划分为三类，最大石粉含量控制值为 20%，与《石屑在混凝土中应用技术规程》DBJ53/T-75-2015 一致；并规定 MB 值大于 1.4 时，应满足《建设用砂》GB/T14684 中机制砂石粉含量的技术要求。

3 泥块含量

前期研究结果表明，石屑中泥块含量大多数是破碎过程中连接不紧密的岩石颗粒，而不是真正的泥块，其性能实际与岩石颗粒相似，因此石屑的泥块含量在参照现行国家标准《建设用砂》GB/T14684 的基础上，作了适当放宽。

4 有害物质

石屑有害物质限量与现行国家标准《建设用砂》GB/T14684 一致。

5 坚固性

石屑坚固性指标与现行国家标准《建设用砂》GB/T14684 一致。

6 压碎指标

前期研究结果表明，石屑粒型较差，针片状含量比机制砂大，而集料针片状是影响压碎指标非常重要的因素，因此石屑的单级最大压碎指标级别不能完全按照机制砂的规定来划分。故在现行国家标准《建设用砂》GB/T14684 的基础上，适当提高其限值。

7 表观密度、堆积密度及空隙率

石屑的表观密度和松散堆积密度要求与现行国家标准《建设用砂》GB/T14684 一致。考虑到石屑粒型和级配较差，且松散堆积密度和紧密堆积密度差值较大，将石屑的松散堆积空隙率调整为不大于 45%，该指标与现行协会标准《公路机制砂高性能混凝土技术规程》T/CECS G:K50-30—2018 一致。

8 饱和面干吸水率

参考现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241，规定石屑饱和面干吸水率不大于 3.0%。

9 棱角性

前期研究结果表明，绝大多数的石屑棱角性流出时间比机制砂长。大部分不符合颗粒级配要求的石屑，石屑棱角性流出时间均超过 25s；而颗粒级配符合要求的石屑，棱角性流出时间均小于 25s，说明颗粒级配与棱角性流出时间有一定的相关性。因此，本条规定石屑的棱角性按流出时间宜小于 25s。当石屑棱角性流出时间不符合要求时，可采用石屑整形方法，改善石屑的粒形，也可通过不同石屑掺配的办法，降低石屑棱角性流出时间。

10 碱集料反应

石屑碱集料反应要求与现行国家标准《建设用砂》GB/T14684 一致。

4.2 粗骨料

4.2.1 目前工程中较多采用碎石作为粗骨料，前期研究也是采用碎石进行。故规定使用卵石（或破碎卵石）时应经试验验证。

4.2.3 为防止单种粗骨料级配不良，建议采用不同粒径的粗骨料掺配使用，工程中通常采用的是两种或两种以上不同粒径的粗骨料掺配。

4.4 矿物掺合料

4.4.2 石屑的表面粗糙，且带有尖锐的棱角，不利于混凝土的工作性能。石屑混凝土中掺入适量、符合质量要求的矿物掺合料，有利于改善石屑混凝土的技术性能和经济性。

4.5 外加剂

4.5.2 研究结果表明，石屑中石粉含量较高，需水量较大，宜采用减水率较高的聚羧酸系高性能减水剂。石屑混凝土存在坍落度经时损失大、黏性大、流动性差等问题，因此对聚羧酸系高性能减水剂的保坍性能、抗黏性能要求很高，需通过对聚羧酸减水剂进行优选和复配才能达到较好的混凝土性能。

5 混凝土性能

5.1 拌合物性能

5.1.1 本条与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T241 一致。

5.1.2 由于石屑的石粉含量高，一般超过 10%，坍落度经时损失会比较大，不利于施工，因此加强对混凝土坍落度经时损失的控制十分重要。研究表明，一般情况下应将坍落度经时损失控制在 30mm/h 以内。

5.1.3 前期研究结果表明，C30 石屑混凝土的初凝和终凝时间均比河砂混凝土短 1h 左右，C50 石屑混凝土的初凝和终凝时间均比河砂混凝土短半小时左右。对混凝土凝结时间有特殊要求的施工部位，应适当增加缓凝剂用量调整石屑混凝土的凝结时间，以满足施工要求。

5.1.4 与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T241 一致。

5.2 力学性能

5.2.1 前期研究结果表明，采用花岗岩石屑能够制备强度等级为 C55 的混凝土，暂未进行更高强度混凝土研究，故将最大强度等级定为 C55。

5.2.2 本条内容与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T241 基本一致。

5.3 长期性能和耐久性能

5.3.4 现行国家标准《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB 50733 规定，混凝土中碱含量是测定的混凝土各原材料碱含量计算之和，水泥、外加剂和水的碱含量可用实测值计算；而实测的粉煤灰和粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料碱含量并不是参与碱-骨料反应的有效碱含量，对于矿物掺合料中有效碱含量，粉煤灰碱含量可用 1/6 实测值计算，粒化高炉矿渣粉碱含量可用 1/2 实测值计算。骨料碱含量可不计入混凝土碱含量。石屑混凝土原材料的碱含量按国家或行业现行标准测定。

6 配合比设计

6.1 一般规定

6.1.1 遵循低水泥用量、低用水量的混凝土配合比设计原则，是保证混凝土质量和经济适用的重要技术措施，也是现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 中对混凝土的要求。

6.1.2 本条与现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 要求一致。

6.1.3 混凝土耐久性的要求，在不同标准中的规定不尽相同，本条仅列出了常用的三个标准，其它标准中的要求也应满足。

6.1.4 外加剂与水泥混凝土体系存在相容性问题，其中外加剂与胶凝材料、石屑中的石粉的适应性问题最为突出。因此，石屑混凝土应进行坍落度经时损失试验，确认满足施工要求后才可使用。

6.1.5 石屑混凝土早期收缩较大，易出现早期开裂。因此，石屑混凝土配合比设计应优选早期抗裂性能好且收缩小的配合比。

6.1.6 用于泵送施工的混凝土的配合比设计，在现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 和《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 中均作了相应规定。由于石屑具有表面粗糙、棱角多、石粉含量大等特点，因此用于泵送施工的石屑混凝土配合比，应根据混凝土原材料、混凝土运输距离、混凝土泵与混凝土输送管径、泵送距离、环境温度、混凝土浇筑部位结构特点等具体施工条件进行设计和试配，必要时，应通过泵送试验确定配合比。

6.1.7 当石屑混凝土原材料品种和质量有显著变化时，会对石屑混凝土性能产生一定影响，因此应重新进行混凝土配合比设计，以保证石屑混凝土的质量。石屑级配和石粉含量变化对混凝土工作性能有较大的影响，当石屑细度模数变化 ± 0.2 或石粉含量变化 $\pm 3\%$ 时，应适当调整配合比。

6.1.8 为保障工程质量，强调配合比应由具有专业资质的检测机构验证后方可使用。

6.2 密堆法配合比设计方法与步骤

密堆法是以混凝土骨料空隙率较低和比表面积较小为设计依据，在密实骨架堆积理论的基础上，通过进一步调整砂率和浆体富余系数，降低体系比表面积和胶凝材料用量

的一种石屑混凝土配合比设计方法。

前期研究结果表明，采用密堆法设计的 C30 和 C50 石屑混凝土，其力学性能、耐久性能及变形性能均满足国家现行标准要求。密堆法在胶凝材料用量较少的情况下，能够保证石屑混凝土性能，是一种适用于石屑的混凝土配合比设计方法。

6.2.1 本条与现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 基本一致，考虑到石屑混凝土强度波动较大，限制标准差最低为 4.0MPa。

6.2.2 计算配合比的确定

1 利用四分法对不同级配的粗骨料分别取样，再按不同质量比例将不同级配粗骨料混合均匀，测定粗骨料紧密堆积密度。以紧密堆积密度最大时的掺配比例为最佳比例，具体操作方法参照《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 中碎石的紧密堆积密度试验。

2 利用四分法对石屑和粗骨料分别取样，以石屑填充粗骨料的方式，砂率可取 36%~48%（以 2%为间隔，从小砂率开始，逐步掺加石屑），得到不同砂率混合料相应的紧密堆积密度。具体操作方法参照现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 中碎石的紧密堆积密度试验。

6 浆体富余系数 n 值是混凝土达到工作性能所需的浆体体积与粗细骨料紧密堆积时对应的浆体体积的比值。随 n 值增加，混凝土工作性能提高，但经济性和体积稳定性下降，通常 n 值初步可取 1.10。非引气混凝土中含气量通常为 1~2%，计算时按含气量中值计算，取 1.5%。

8 石屑饱和面干吸水率比天然砂或机制砂的吸水率大，在配合比设计时会影响水胶比的准确性，并且会增加减水剂的掺量。因此在配合比设计时，增加石屑达到饱和面干状态的用水量，称之为附加用水量，附加用水量不计入水胶比，不计入体积。

上述初始配合比计算过程仅考虑了采用单一石屑作为细骨料的情况。当采用不同石屑混掺，石屑与天然砂或机制砂混掺时，应参考粗骨料级配实验，首先通过细骨料紧密堆积实验，选择最小空隙率的细骨料掺配。具体操作方法参照《建设用砂》GB/T 14684 中紧密堆积密度试验。在按公式（6.2.2-1）计算出细骨料总用量后，再根据各种细骨料的掺配比例，分别计算出各种细骨料的用量。细骨料的附加用水量只计算石屑的附加用水量，其它细骨料不计算附加用水量。

6.2.3 配合比的试配、调整与确定

3 石屑中石粉含量较大，砂石紧密堆积时，其空隙率低，但比表面积大，混凝土工

作性能并非最优，通过调整砂率可得到工作性能最优的混凝土。

4 选取优选砂率后，混凝土工作性能较好，故可通过进一步降低浆体富余系数，减少胶凝材料用量。

为进一步简化配合比设计过程，可不进行第 3 步和第 4 步的实验。此时应在 6.2.2 中确定密堆砂率后，将砂率降低 2~4%，并采用同一砂率的混合骨料堆积密度，进行配合比计算。

6 考虑到按本配合比设计方法计算时，混凝土体积不是 1 立方米，因此无论混凝土拌合物表观密度实测值与计算值之差的绝对值是否超过计算值的 2%，均应校核每项材料用量。

8~10 与现行协会标准《公路机制砂高性能混凝土技术规程》T/CECS G:K50-30—2018 一致。在工程实际施工时，应根据粗细骨料的含水率，对混凝土实验室配合比进行调整，得到施工配合比后进行施工。

7 施工

7.2 原材料计量

7.2.2 表 7.2.2 与现行协会标准《公路机制砂高性能混凝土技术规程》T/CECS G:K50-30—2018 一致。

7.3 混凝土搅拌

7.3.3 本条与现行协会标准《公路机制砂高性能混凝土技术规程》T/CECS G:K50-30—2018 基本一致。

7.3.4 水泥裹砂石法的投料顺序为：加入碎石和石屑→加入 1/3 的拌合水→搅拌使骨料湿润→加入胶凝材料→搅拌均匀→加入剩余的拌合水和减水剂→搅拌 90s~120s→出料。前期研究选取了《水运工程混凝土试验规程》JTJ270-98 搅拌法、先拌砂浆法、先拌水泥净浆法、水泥裹砂石法和水裹砂法等五种混凝土搅拌工艺进行了对比，试验结果证明，水泥裹砂石法配制的石屑混凝土的工作性能和强度最为理想，是优选的石屑混凝土制备工艺。

7.3.5 本条与现行行业标准《公路机制砂高性能混凝土技术规程》T/CECS G:K50-30-2018 一致。

7.3.6 本条与《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650-2020 一致。一般河砂混凝土的搅拌时间为 60s~90s。由于石屑的石粉含量高，经试验验证，石屑混凝土搅拌时间为 90s~120s 时，混凝土拌和均匀。对于较高强度的石屑混凝土，搅拌时间应不小于 120s。

7.3.7 本条与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T241 一致。

7.4 混凝土运输

7.4.1~7.4.6 与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T241 基本一致。

7.5 混凝土浇筑

7.5.1 石屑混凝土工程应用研究表明，石屑混凝土与河砂混凝土的浇筑工艺基本一致，外观效果也基本一致。

7.5.14 石屑混凝土由于黏性大，首次抹面一般难以抹光滑，可以选择在终凝前多次抹压混凝土面，这有利于减少收缩裂缝。抹面处理的时间宜在混凝土浇筑后 60min~90min 进行。如果在终凝前混凝土表面发现有裂纹，采用再次抹面的方法处理，可以有效解决裂

缝问题。

本节内容 7.5.1~7.5.2 和 7.5.4~7.5.8 与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T241 基本一致，本节内容 7.5.3、7.5.9~7.5.13 和 7.5.15~7.5.16 与现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650—2020 基本一致。

7.6 拆模

7.6.1~7.6.5 石屑混凝土模板拆除要求与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T241 基本一致。

7.7 混凝土养护

7.7.1~7.7.7 石屑混凝土养护要求与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T241 基本一致。

8 质量检验及验收

8.1 原材料质量检验

8.1.1~8.1.6 石屑混凝土原材料质量检验与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241 基本一致。

8.2 混凝土拌合物性能检验

8.2.1~8.2.2 与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241 一致。

8.2.3 与现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 基本一致。

8.2.4~8.2.5 与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T 241 一致。

8.3 硬化混凝土性能检验

8.3.1~8.3.3 与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T241 一致。

8.4 石屑混凝土工程验收

8.4.1~8.4.2 与现行行业标准《人工砂混凝土应用技术规程》JGJ/T241 一致。