

中华人民共和国行业标准

轻骨料混凝土技术规范

Technical specification for lightweight
aggregate concrete

JGJ 51—2002
J 215—2002

2002 北京



统一书号: 15112·10672
定 价: 10.00 元

中华人民共和国行业标准

轻骨料混凝土技术规范

Technical specification for lightweight
aggregate concrete

JGJ 51—2002

批准部门：中华人民共和国建设部
实施日期：2003年1月1日

中国建筑工业出版社

2002 北京

建设部关于发布行业标准 《轻骨料混凝土技术规范》的公告

建标 [2002] 68 号

现批准《轻骨料混凝土技术规范》为行业标准，编号为 JGJ 51—2002 年，自 2003 年 1 月 1 日起实施。其中，第 5.1.5、5.3.6、6.2.3 条为强制性条文，必须严格执行；原行业标准《轻骨料混凝土技术规范》JGJ 51—90 同时废止。

本规程由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国建设部
2002 年 9 月 27 日

中华人民共和国行业标准 轻骨料混凝土技术规范

Technical specification for lightweight aggregate concrete
JGJ 51—2002

*

中国建筑工业出版社、发行 (北京西郊百万庄)
新华书店经销
北京市书林印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 2½ 字数: 66 千字
2002 年 12 月第一版 2002 年 12 月第一次印刷
印数: 1—20000 册 定价: 10.00 元
统一书号: 15112·10672

版权所有 翻印必究
如有印装质量问题, 可寄本社退换
(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>
网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

前 言

根据建设部建标 [1999] 309 号文的要求, 规程编制组广泛调查研究, 认真总结实践经验, 参考有关国外先进标准, 并在广泛征求意见的基础上, 对《轻骨料混凝土技术规程》JGJ 51—90 进行了修订。

本规程修订的主要技术内容是:

1. 按新修订的水泥和轻骨料等标准, 对轻骨料混凝土原材料提出新的要求, 与有关新修标准相一致;
2. 调整了轻骨料混凝土的密度等级和强度等级: 密度等级新增了 600 级和 700 级; 强度提高到 LC55 和 LC60;
3. 重新标定了结构轻骨料混凝土的弹性模量、收缩和徐变等技术指标; 取消了弯曲强度和抗剪强度指标;
4. 新增了 600 级和 700 级保温轻骨料混凝土的热物理系数;
5. 新增了对干湿循环部位轻骨料混凝土的抗冻指标; 明确了轻骨料混凝土的抗渗性应满足工程设计的要求;
6. 根据国外有关标准, 对轻骨料混凝土耐久性设计的有关指标 (最大水灰比和最小水泥用量), 按不同环境条件作了调整;
7. 突出了松散体积法设计轻骨料混凝土配合比的实用性和可靠性, 并根据实际经验, 对混凝土稠度、用水量和粗细骨料总体积等有关设计参数做了相应调整;
8. 根据国内外实际经验, 放宽了对轻骨料混凝土中粉煤灰掺量的要求;
9. 根据工程需要, 新增了轻骨料混凝土工程验收的条文;
10. 新增了附录 A——大孔轻骨料混凝土和附录 B——泵送轻骨料混凝土。

本规程由建设部负责管理并对强制性条文的解释, 主编单位

负责具体技术内容的解释。

本规程主编单位: 中国建筑科学研究院。

本规程参加单位: 陕西建筑科学设计研究院、黑龙江寒地建筑科学研究院、同济大学材料科学与工程学院、辽宁省建设科学研究院、上海建筑科学研究院、北京市榆树庄构件厂、哈尔滨金鹰建筑节能建材制品有限公司、南通大地陶粒有限公司、金坛海发新兴建材有限公司、宜昌宝珠陶粒开发有限公司。

本规程主要起草人员: 丁威、龚洛书、周运灿、刘隍伯、陈烈芳、沈玄、董金道、陶梦兰、宋淑敏、杨正宏、鞠东岳、尤志杰。

目 次

1 总则	1
2 术语、符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 原材料	5
4 技术性能	6
4.1 一般规定	6
4.2 性能指标	7
5 配合比设计	13
5.1 一般要求	13
5.2 设计参数选择	14
5.3 配合比计算与调整	16
6 施工工艺	22
6.1 一般要求	22
6.2 拌和物拌制	22
6.3 拌和物运输	24
6.4 拌和物浇筑和成型	24
6.5 养护和缺陷修补	25
6.6 质量检验和验收	25
7 试验方法	27
7.1 一般规定	27
7.2 拌和方法	27
7.3 干表观密度	28
7.4 吸水率和软化系数	29
7.5 导热系数	30

7.6 线膨胀系数.....	35
附录 A 大孔轻骨料混凝土	37
附录 B 泵送轻骨料混凝土	40
本标准用词说明	43
条文说明	45

1 总 则

1.0.1 为促进轻骨料混凝土生产和应用 保证技术先进 安全可靠、经济合理的要求，制订本规程。

1.0.2 本规程适用于无机轻骨料混凝土及其制品的生产、质量控制和检验。

热工、水工、桥涵和船舶等用途的轻骨料混凝土可按本规程执行，但还应遵守相关的专门技术标准的规定。

1.0.3 轻骨料混凝土性能指标的测定和施工工艺，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

- 2.1.1 轻骨料混凝土 light weight aggregate concrete
用轻粗骨料、轻砂（或普通砂）、水泥和水配制而成的干表观密度不大于 $1950\text{kg}/\text{m}^3$ 的混凝土。
- 2.1.2 全轻混凝土 full light weight aggregate concrete
由轻砂做细骨料配制而成的轻骨料混凝土。
- 2.1.3 砂轻混凝土 sand light weight concrete
由普通砂或部分轻砂做细骨料配制而成的轻骨料混凝土。
- 2.1.4 大孔轻骨料混凝土 hollow light weight aggregate concrete
用轻粗骨料，水泥和水配制而成的无砂或少砂混凝土。
- 2.1.5 次轻混凝土 specified density concret
在轻粗骨料中掺入适量普通粗骨料，干表观密度大于 $1950\text{kg}/\text{m}^3$ 、小于或等于 $2300\text{kg}/\text{m}^3$ 的混凝土。
- 2.1.6 混凝土干表观密度 dry apparent density of concrete
硬化后的轻骨料混凝土单位体积的烘干质量。
- 2.1.7 混凝土湿表观密度 apparent density of fresh concrete
轻骨料混凝土拌和物经捣实后单位体积的质量。
- 2.1.8 净用水量 net water content
不包括轻骨料 1h 吸水量的混凝土拌和用水量。
- 2.1.9 总用水量 total water content
包括轻骨料 1h 吸水量的混凝土拌和用水量。
- 2.1.10 净水灰比 net water-cement ratio
净用水量与水泥用量之比。
- 2.1.11 总水灰比 total water-cement ratio
总用水量与水泥用量之比。

2.1.12 圆球型轻骨料 spherical lightweight aggregate
原材料经造粒、煅烧或非煅烧而成的，呈圆球状的轻骨料。

2.1.13 普通型轻骨料 ordinary lightweight aggregate
原材料经破碎烧胀而成的，呈非圆球状的轻骨料。

2.1.14 碎石型轻骨料 crushed lightweight aggregate
由天然轻骨料、自然煤矸石或多孔烧结块经破碎加工而成的；或由页岩块烧胀后破碎而成的，呈碎石状的轻骨料。

2.2 符 号

- a_c ——轻骨料混凝土在平衡含水率状态下的导热系数计算值；
- a_d ——轻骨料混凝土在干燥状态下的导热系数；
- c_c ——轻骨料混凝土在平衡含水率状态下的比热容计算值；
- c_d ——轻骨料混凝土在干燥状态下的比热容；
- E_{LC} ——轻骨料混凝土的弹性模量；
- f_{ck} ——轻骨料混凝土轴心抗压强度标准值；
- $f_{cu,o}$ ——轻骨料混凝土的试配强度；
- $f_{cu,k}$ ——轻骨料混凝土的立方体抗压强度标准值；
- f_{tk} ——轻骨料混凝土轴心抗拉强度标准值；
- m_c ——每立方米轻骨料混凝土的水泥用量；
- m_a ——每立方米轻骨料混凝土的粗集料用量；
- m_s ——每立方米轻骨料混凝土的细集料用量；
- m_{wa} ——每立方米轻骨料混凝土的附加水量；
- m_{wn} ——每立方米轻骨料混凝土的净用水量；
- m_{wt} ——每立方米轻骨料混凝土的总用水量；
- s_{24} ——轻骨料混凝土在平衡含水率状态下，周期为 24h 的蓄热系数；
- s_{24} ——轻骨料混凝土在干燥状态下，周期为 24h 的蓄热系数；
- s_p ——轻骨料混凝土的砂率，以体积砂率表示；

- V_a ——每立方米轻骨料混凝土的粗骨料体积；
- V_s ——每立方米轻骨料混凝土的细骨料体积；
- V_t ——每立方米轻骨料混凝土的粗细骨料总体积；
- α_T ——轻骨料混凝土的温度线膨胀系数；
- β_c ——粉煤灰取代水泥百分率；
- δ_c ——粉煤灰的超量系数；
- γ ——配合比设计的校正系数；
- λ_c ——轻骨料混凝土在平衡含水率状态下的导热系数计算值；
- λ_d ——轻骨料混凝土在干燥状态下导热系数；
- ρ_d ——轻骨料混凝土的干表观密度；
- ρ_l ——轻骨料的堆积密度；
- ρ_p ——轻骨料的颗粒表观密度；
- σ ——轻骨料混凝土强度标准差；
- ψ ——轻骨料混凝土的软化系数；
- ω_a ——轻粗骨料 1h 吸水率；
- ω_s ——轻砂 1h 吸水率；
- ω_{sat} ——轻骨料混凝土的饱和吸水率。

3 原 材 料

3.0.1 轻骨料混凝土所用水泥应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB 175) 和《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥》(GB 1344) 的要求。

当采用其他品种的水泥时，其性能指标必须符合相应标准的要求。

3.0.2 轻骨料混凝土所用轻骨料应符合国家标准《轻集料及其试验方法第 1 部分：轻集料》(GB/T 17431.1) 和《膨胀珍珠岩》(JC 209) 的要求；膨胀珍珠岩的堆积密度应大于 80kg/m³。

3.0.3 轻骨料混凝土所用普通砂应符合国家标准《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》(JGJ 52) 的要求。

3.0.4 混凝土拌和用水应符合国家现行标准《混凝土拌和用水标准》(JGJ 63) 的要求。

3.0.5 轻骨料混凝土矿物掺和料应符合国家标准《用于水泥和混凝土的粉煤灰》(GB 1596)、《粉煤灰在混凝土和砂浆中应用技术规程》(JGJ 28)、《粉煤灰混凝土应用技术规范》(GBJ 146) 和《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046) 的要求。

3.0.6 轻骨料混凝土所用的外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》(GB 8076) 的要求。

4 技术性能

4.1 一般规定

4.1.1 轻骨料混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。

4.1.2 轻骨料混凝土的强度等级应划分为: LC5.0; LC7.5; LC10; LC15; LC20; LC25; LC30; LC35; LC40; LC45; LC50; LC55; LC60。

4.1.3 轻骨料混凝土按其干表观密度可分为十四个等级(表4.1.3)。某一密度等级轻骨料混凝土的密度标准值,可取该密度等级干表观密度变化范围的上限值。

表 4.1.3 轻骨料混凝土的密度等级

密度等级	干表观密度的变化范围 (kg/m ³)	密度等级	干表观密度的变化范围 (kg/m ³)
600	560~650	1300	1260~1350
700	660~750	1400	1360~1450
800	760~850	1500	1460~1550
900	860~950	1600	1560~1650
1000	960~1050	1700	1660~1750
1100	1060~1150	1800	1760~1850
1200	1160~1250	1900	1860~1950

4.1.4 轻骨料混凝土根据其用途可按表 4.1.4 分为三大类。

表 4.1.4 轻骨料混凝土按用途分类

类别名称	混凝土强度等级 的合理范围	混凝土密度等级 的合理范围	用途
保温轻骨料 混凝土	LC5.0	≤800	主要用于保温的围护结构 或热工构筑物

类别名称	混凝土强度等级 的合理范围	混凝土密度等级 的合理范围	用途
结构保温轻 骨料混凝土	LC5.0 LC7.5 LC10 LC15	800~1400	主要用于既承重又保温的 围护结构
结构轻骨料混 凝土	LC15 LC20 LC25 LC30 LC35 LC40 LC45 LC50 LC55 LC60	1400~1900	主要用于承重构件或构筑 物

4.2 性能指标

4.2.1 结构轻骨料混凝土的强度标准值应按表 4.2.1 采用。

表 4.2.1 结构轻骨料混凝土的强度标准值 (MPa)

强 度 种 类	轴 心 抗 压	轴 心 抗 拉	
符 号	f_{ak}	f_{tk}	
混凝土强度等级	LC15	10.0	1.27
	LC20	13.4	1.54
	LC25	16.7	1.78
	LC30	20.1	2.01
	LC35	23.4	2.20
	LC40	26.8	2.39
	LC45	29.6	2.51
	LC50	32.4	2.64
	LC55	35.5	2.74
	LC60	38.5	2.85

注: 自燃煤矸石混凝土轴心抗拉强度标准值应按表中值乘以系数 0.85; 浮石或火山渣混凝土轴心抗拉强度标准值应按表中值乘以系数 0.80。

4.2.2 结构用砂轻骨料混凝土弹性模量应通过试验确定。在缺乏试验资料时，可按表4.2.2取值。

表 4.2.2 轻骨料混凝土的弹性模量 E_{LC} ($\times 10^2$ MPa)

强度等级	密 度 等 级										
	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900			
LC15	94	102	110	117	125	133	141	149			
LC20	—	117	126	135	145	154	163	172			
LC25	—	—	141	152	162	172	182	192			
LC30	—	—	—	166	177	188	199	210			
LC35	—	—	—	—	191	203	215	227			
LC40	—	—	—	—	—	217	230	243			
LC45	—	—	—	—	—	—	230	244			
LC50	—	—	—	—	—	—	243	257			
LC55	—	—	—	—	—	—	—	257			
LC60	—	—	—	—	—	—	—	—			
									267	285	
										280	297

注：用膨胀珍珠、自燃煤矸石作粗骨料的混凝土，其弹性模量值可比表列数值提高20%。

4.2.3 结构用砂轻混凝土的收缩值可按下列公式计算，且计算后取值和实测值不应大于表4.2.3-2的规定值。

$$\epsilon(t) = \epsilon(t)_0 \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \beta_5 \quad (4.2.3-1)$$

$$\epsilon(t)_0 = \frac{t}{a + bt} \times 10^{-3} \quad (4.2.3-2)$$

式中 $\epsilon(t)$ ——结构用砂轻混凝土的收缩值；

$\epsilon(t)_0$ ——结构用砂轻混凝土随龄期变化的收缩值；

t ——龄期 (d)；

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_5$ ——结构用砂轻混凝土的收缩值修正系数，可按表4.2.3-1取值；

a, b ——计算参数，当初始测试龄期为3d时，取

$a = 78.69, b = 1.20$ ；当初始测试龄期为28d时，取 $a = 120.23, b = 2.26$ 。

表 4.2.3-1 收缩值与徐变系数的修正系数

影响因素	变化条件	收 缩 值		徐 变 系 数	
		符 号	系 数	符 号	系 数
相对湿度 (%)	≤ 40	β_1	1.30	ξ_1	1.30
	≈ 60		1.00		1.00
	≥ 80		0.75		0.75
截面尺寸 (体积/表面积, cm)	2.00	β_2	1.20	ξ_2	1.15
	2.50		1.00		1.00
	3.75		0.95		0.92
	5.00		0.90		0.85
	10.00		0.80		0.70
	> 20.00		0.65		0.60
		0.40	0.55		0.55
养护方法	标准的蒸养的	β_3		ξ_3	1.00
			0.85		0.85
加荷龄期 (d)	7	—	—	ξ_4	1.20
	14		1.10		
	28		1.00		
	90		—		0.80
粉煤灰取代水泥率 (%)	0	β_5	1.00	ξ_5	1.00
	10~20		0.95		1.00

表 4.2.3-2 不同龄期的收缩值

龄 期 (d)	28	90	180	360	终 极 值
收缩值 (mm/m)	0.36	0.59	0.72	0.82	0.85

4.2.4 结构用砂轻混凝土的徐变系数可按下列公式计算，且计算后取值和实测值不应大于表4.2.4的规定值。

$$\phi(t) = \phi(t)_0 \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \cdot \xi_4 \cdot \xi_5 \quad (4.2.4-1)$$

$$\phi(t)_0 = \frac{t^n}{a + bt^n} \quad (4.2.4-2)$$

式中

$\phi(t)$ ——结构用砂轻混凝土的徐变系数;

$\phi(t)_0$ ——结构用砂轻混凝土随龄期变化的徐变系数;

ξ_1 、 ξ_2 、 ξ_3 、 ξ_4 、 ξ_5 ——结构用砂轻混凝土徐变系数的修正系数,可按表 4.2.3-1 取值;

n 、 a 、 b ——计算参数,当加荷龄期为 28d 时,取:
 $n=0.6$, $a=4.520$, $b=0.353$ 。

表 4.2.4 不同龄期的徐变系数

龄期 (d)	28	90	180	360	终极值
徐变系数	1.63	2.11	2.38	2.64	2.65

4.2.5 轻骨料混凝土的泊松比可取 0.2。

4.2.6 轻骨料混凝土温度线膨胀系数,当温度为 0~100℃ 范围时可取 7×10^{-6} /℃ ~ 10×10^{-6} /℃。低密度等级者可取下限值,高密度等级者可取上限值。

4.2.7 轻骨料混凝土在干燥条件下和在平衡含水率条件下的各种热物理系数应符合表 4.2.7 的要求。

表 4.2.7 轻骨料混凝土的各种热物理系数

密度等级	导热系数		比热容		导温系数		蓄热系数	
	λ_d	λ_c	c_d	c_c	a_d	a_c	S_{a4}	S_{c4}
	(W/m·K)		(kJ/kg·K)		(m ² /h)		(W/m ² ·K)	
600	0.18	0.25	0.84	0.92	1.28	1.63	2.56	3.01
700	0.20	0.27	0.84	0.92	1.25	1.50	2.91	3.38
800	0.23	0.30	0.84	0.92	1.23	1.38	3.37	4.17
900	0.26	0.33	0.84	0.92	1.22	1.33	3.73	4.55
1000	0.28	0.36	0.84	0.92	1.20	1.37	4.10	5.13
1100	0.31	0.41	0.84	0.92	1.23	1.36	4.57	5.62
1200	0.36	0.47	0.84	0.92	1.29	1.43	5.12	6.28
1300	0.42	0.52	0.84	0.92	1.38	1.48	5.73	6.93

续表

密度等级	导热系数		比热容		导温系数		蓄热系数	
	λ_d	λ_c	c_d	c_c	a_d	a_c	S_{a4}	S_{c4}
	(W/m·K)		(kJ/kg·K)		(m ² /h)		(W/m ² ·K)	
1400	0.49	0.59	0.84	0.92	1.50	1.56	6.43	7.65
1500	0.57	0.67	0.84	0.92	1.63	1.66	7.19	8.44
1600	0.66	0.77	0.84	0.92	1.78	1.77	8.01	9.30
1700	0.76	0.87	0.84	0.92	1.91	1.89	8.81	10.20
1800	0.87	1.01	0.84	0.92	2.08	2.07	9.74	11.30
1900	1.01	1.15	0.84	0.92	2.26	2.23	10.70	12.40

注: 1. 轻骨料混凝土的体积平衡含水率取 6%。

2. 用膨胀矿渣珠作粗骨料的混凝土导热系数可按表列数值降低 25% 取用或经试验确定。

4.2.8 轻骨料混凝土不同使用条件的抗冻性应符合表 4.2.8 的要求。

表 4.2.8 不同使用条件的抗冻性

使用条件	抗冻标号
1. 非采暖地区 2. 采暖地区 相对湿度 ≤ 60% 相对湿度 > 60% 干湿交替部位和变化的部位	F15 F25 F35 ≥ F50

注: 非采暖地区系指最冷月份的平均气温高于 -5℃ 的地区;
采暖地区系指最冷月份的平均气温低于或等于 -5℃ 的地区。

4.2.9 结构用砂轻混凝土的抗碳化耐久性应按快速碳化标准试验方法检验, 其 28d 的碳化深度值应符合表 4.2.9 的要求。

表 4.2.9 砂轻混凝土的碳化深度值

等级	使用条件	碳化深度值 (mm), 不大于
1	正常湿度, 室内	40

续表

等级	使用条件	碳化深度值 (mm), 不大于
2	正常湿度, 室外	35
3	潮湿, 室外	30
4	干湿交替	25

注: 1. 正常湿度系指相对湿度为 55%~65%;

2. 潮湿系指相对湿度为 65%~80%;

3. 碳化深度值相当于在正常大气条件下, 即 CO₂ 的体积浓度为 0.03%、温度为 20±3℃ 环境条件下, 自然碳化 50 年时轻骨料混凝土的碳化深度。

4.2.10 结构用砂轻混凝土的抗渗性应满足工程设计抗渗等级和有关要求。

4.2.11 次轻混凝土的强度标准值、弹性模量、收缩、徐变等有关性能, 应通过试验确定。

5 配合比设计

5.1 一般要求

5.1.1 轻骨料混凝土的配合比设计主要应满足抗压强度、密度和稠度的要求, 并以合理使用材料和节约水泥为原则。必要时应符合对混凝土性能 (如弹性模量、碳化和抗冻性等) 的特殊要求。

5.1.2 轻骨料混凝土的配合比应通过计算和试配确定。混凝土试配强度应按下式确定:

$$f_{\text{cu},0} \geq f_{\text{cu},k} + 1.645\sigma \quad (5.1.2-1)$$

式中 $f_{\text{cu},0}$ ——轻骨料混凝土的试配强度 (MPa);

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

σ ——轻骨料混凝土强度标准差 (MPa)。

5.1.3 混凝土强度标准差应根据同品种、同强度等级轻骨料混凝土统计资料计算确定。计算时, 强度试件组数不应少于 25 组。当无统计资料时, 强度标准差可按表 5.1.3 取值。

表 5.1.3 强度标准差 σ (MPa)

混凝土强度等级	低于 LC20	LC20~LC35	高于 LC35
σ	4.0	5.0	6.0

5.1.4 轻骨料混凝土配合比中的轻粗骨料宜采用同一品种的轻骨料。结构保温轻骨料混凝土及其制品掺入煤 (炉) 渣轻粗骨料时, 其掺量不应大于轻粗骨料总量的 30%, 煤 (炉) 渣含碳量不应大于 10%。为改善某些性能而掺入另一品种粗骨料时, 其合理掺量应通过试验确定。

5.1.5 在轻骨料混凝土配合比中加入化学外加剂或矿物掺和料

时，其品种、掺量和对水泥的适应性，必须通过试验确定。

5.1.6 大孔轻骨料混凝土和泵送轻骨料混凝土的配合比设计应符合附录 A 和附录 B 的规定。

5.2 设计参数选择

5.2.1 不同试配强度的轻骨料混凝土的水泥用量可按表 5.2.1 选用。

表 5.2.1 轻骨料混凝土的水泥用量 (kg/m³)

混凝土试配强度 (MPa)	轻骨料密度等级						
	400	500	600	700	800	900	1000
<5.0	260~320	250~300	230~280				
5.0~7.5	280~360	260~340	240~320	220~300			
7.5~10		280~370	260~350	240~320			
10~15			280~350	260~340	240~330		
15~20			300~400	280~380	270~370	260~360	250~350
20~25				330~400	320~390	310~380	300~370
25~30				380~450	370~440	360~430	350~420
30~40				420~500	390~490	380~480	370~470
40~50					430~530	420~520	410~510
50~60					450~550	440~540	430~530

注：1. 表中横线以上为采用 32.5 级水泥时水泥用量值；横线以下为采用 42.5 级水泥时的水泥用量值；

2. 表中下限值适用于圆球型和普通型轻粗骨料，上限值适用于碎石型轻粗骨料和全轻混凝土；

3. 最高水泥用量不宜超过 550kg/m³。

5.2.2 轻骨料混凝土配合比中的水灰比应以净水灰比表示。配制全轻混凝土时，可采用总水灰比表示，但应加以说明。

轻骨料混凝土最大水灰比和最小水泥用量的限值应符合表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 轻骨料混凝土的最大水灰比和最小水泥用量

混凝土所处的环境条件	最大水灰比	最小水泥用量 (kg/m ³)	
		配筋混凝土	素混凝土
不受风雪影响混凝土	不作规定	270	250
受风雪影响的露天混凝土；位于水中及水位升降范围内的混凝土和潮湿环境中的混凝土	0.50	325	300
寒冷地区位于水位升降范围内的混凝土和受水压或除冰盐作用的混凝土	0.45	375	350
严寒和寒冷地区位于水位升降范围内和受硫酸盐、除冰盐等腐蚀的混凝土	0.40	400	375

注：1. 严寒地区指最寒冷月份的月平均温度低于 -15℃ 者，寒冷地区指最寒冷月份的月平均温度处于 -5℃ ~ -15℃ 者；

2. 水泥用量不包括掺和料；

3. 寒冷和严寒地区用的轻骨料混凝土应掺入引气剂，其含气量宜为 5% ~ 8%。

5.2.3 轻骨料混凝土的净用水量根据稠度（坍落度或维勃稠度）和施工要求，可按表 5.2.3 选用。

表 5.2.3 轻骨料混凝土的净用水量

轻骨料混凝土用途	稠度		净用水量 (kg/m ³)
	维勃稠度 (s)	坍落度 (mm)	
预制构件及制品： (1) 振动加压成型 (2) 振动台成型 (3) 振捣棒或平板振捣器振实	10~20	—	45~140
	5~10	0~10	140~180
	—	30~80	165~215
现浇混凝土： (1) 机械振捣 (2) 人工振捣或钢钎密集	—	50~100	180~225
	—	≥80	200~230

注：1. 表中值适用于圆球型和普通型轻粗骨料，对碎石型轻粗骨料，宜增加 10kg 左右的用水量；

2. 掺外加剂时，宜按其减水率适当减少用水量，并按施工稠度要求进行调整；

3. 表中值适用于砂轻混凝土；若采用轻砂时，宜取轻砂 1h 吸水率为附加水量；若无轻砂吸水率数据时，可适当增加用水量，并按施工稠度要求进行调整。

5.2.4 轻骨料混凝土的砂率可按表 5.2.4 选用。当采用松散体积法设计配合比时，表中数值为松散体积砂率；当采用绝对体积法设计配合比时，表中数值为绝对体积砂率。

表 5.2.4 轻骨料混凝土的砂率

轻骨料混凝土用途	细骨料品种	砂率 (%)
预制构件	轻砂 普通砂	35~50 30~40
现浇混凝土	轻砂 普通砂	— 35~45

注：1. 当混合使用普通砂和轻砂作细骨料时，砂率宜取中间值，宜按普通砂和轻砂的混合比例进行插入计算；

2. 当采用圆球型轻骨料时，砂率宜取表中值下限；采用碎石型时，则宜取上限。

5.2.5 当采用松散体积法设计配合比时，粗细骨料松散状态的总体积可按表 5.2.5 选用。

表 5.2.5 粗细骨料总体积

轻粗骨料粒型	细骨料品种	粗细骨料总体积 (m ³)
圆球型	轻砂	1.25~1.50
	普通砂	1.10~1.40
普通型	轻砂	1.30~1.60
	普通砂	1.10~1.50
碎石型	轻砂	1.35~1.65
	普通砂	1.10~1.60

5.2.6 当采用粉煤灰作掺和料时，粉煤灰取代水泥百分率和超量系数等参数的选择，应按国家现行标准《粉煤灰在混凝土和砂浆中应用技术规程》(JGJ 28) 的有关规定执行。

5.3 配合比计算与调整

5.3.1 砂轻混凝土和全轻混凝土宜采用松散体积法进行配合比计算，砂轻混凝土也可采用绝对体积法。配合比计算中粗细骨料用量均应以干燥状态为基准。

5.3.2 采用松散体积法计算应按下列步骤进行：

- 1 根据设计要求的轻骨料混凝土的强度等级、混凝土的用途，确定粗细骨料的种类和粗骨料的粒径；
- 2 测定粗细骨料的堆积密度、筒压强度和 1h 吸水率，并测定细骨料的堆积密度；
- 3 按本规程第 5.1.2 条计算混凝土试配强度；
- 4 按本规程第 5.2.1 条选择水泥用量；
- 5 根据施工调度的要求，按本规程第 5.2.3 条选择净用水量；
- 6 根据混凝土用途按本规程第 5.2.4 条选取松散体积砂率；
- 7 根据粗细骨料的类型，按本规程第 5.2.5 条选用粗细骨料总体积，并按下列公式计算每立方米混凝土的粗细骨料用量：

$$V_s = V_t \times S_p \quad (5.3.2-1)$$

$$m_s = V_s \times \rho_{1s} \quad (5.3.2-2)$$

$$V_a = V_t - V_s \quad (5.3.2-3)$$

$$m_a = V_a \times \rho_{1a} \quad (5.3.2-4)$$

式中 V_s 、 V_a 、 V_t ——分别为每立方米细骨料、粗骨料和粗细骨料的松散体积 (m³)；

m_s 、 m_a ——分别为每立方米细骨料和粗骨料的用量 (kg)；

S_p ——砂率 (%)；

ρ_{1s} 、 ρ_{1a} ——分别为细骨料和粗骨料的堆积密度 (kg/m³)。

8 根据净用水量和附加水量的关系按下式计算总用水量：

$$m_{wt} = m_{wn} + m_{wa} \quad (5.3.2-5)$$

式中 m_{wt} ——每立方米混凝土的总用水量 (kg)；

m_{wn} ——每立方米混凝土的净用水量 (kg)；

m_{wa} ——每立方米混凝土的附加水量 (kg)。

附加水量计算应符合本规程第 5.3.4 条的规定。

9 按下式计算混凝土干表观密度，并与设计要求的干表观密度进行对比，如其误差大于 2%，则应按下式重新调整和计算配合比。

$$\rho_{od} = 1.15m_c + m_a + m_s \quad (5.3.2-6)$$

式中 ρ_{od} ——轻骨料混凝土的干表观密度 (kg/m³)。

5.3.3 采用绝对体积法计算应按下列步骤进行：

- 1 根据设计要求的轻骨料混凝土的强度等级、密度等级和混凝土的用途，确定粗细骨料的种类和粗骨料的最大粒径；
- 2 测定粗骨料的堆积密度、颗粒表观密度、筒压强度和 1h 吸水率，并测定细骨料的堆积密度和相对密度；
- 3 按本规程第 5.1.2 条计算混凝土试配强度；
- 4 按本规程第 5.2.1 条选择水泥用量；
- 5 根据制品生产工艺和施工条件要求的混凝土稠度指标，按本规程第 5.2.3 条确定净用水量；
- 6 根据轻骨料混凝土的用途，按本规程第 5.2.4 条选用砂率；
- 7 按下列公式计算粗细骨料的用量：

$$V_s = \left[1 - \left(\frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_{wm}}{\rho_w} \right) \div 1000 \right] \times s_p \quad (5.3.3-1)$$

$$m_s = V_s \times \rho_s \quad (5.3.3-2)$$

$$V_a = \left[1 - \left(\frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_{wm}}{\rho_w} + \frac{m_s}{\rho_s} \right) \div 1000 \right] \quad (5.3.3-3)$$

$$m_a = V_a \times \rho_{ap} \quad (5.3.3-4)$$

式中 V_s ——每立方米混凝土的细骨料绝对体积 (m³)；

m_c ——每立方米混凝土的水泥用量 (kg)；

ρ_c ——水泥的相对密度，可取 $\rho_c = 2.9 \sim 3.1$ ；

ρ_w ——水的密度，可取 $\rho_w = 1.0$ ；

V_a ——每立方米混凝土的轻骨料绝对体积 (m³)；

ρ_s ——细骨料密度，采用普通砂时，为砂的相对密度，可取 $\rho_s = 2.6$ ；采用轻砂时，为轻砂的颗粒表观密度 (g/cm³)；

ρ_{ap} ——轻骨料的颗粒表观密度 (kg/m³)。

8 根据净用水量和附加水量的关系，按下式计算总用水量：

$$m_{wt} = m_{wm} + m_{wa} \quad (5.3.3-5)$$

附加水量的计算应符合本规程第 5.3.4 条的规定。

9 按下式计算混凝土干表观密度，并与设计要求的干表观密度进行对比，当其误差大于 2%，则应重新调整和计算配合比。

$$\rho_{od} = 1.15m_c + m_a + m_s \quad (5.3.3-6)$$

5.3.4 根据粗骨料的干湿处理方法和细骨料的品种，附加水量宜按表 5.3.4 所列公式计算。

表 5.3.4 附加水量的计算

项 目	附加水量 (m _{wa})
粗骨料预湿，细骨料为普砂	$m_{wa} = 0$
粗骨料不预湿，细骨料为普砂	$m_{wa} = m_s \cdot \omega_s$
粗骨料预湿，细骨料为轻砂	$m_{wa} = m_s \cdot \omega_s$
粗骨料不预湿，细骨料为轻砂	$m_{wa} = m_s \cdot \omega_s + m_s \cdot \omega_s$

注：1. ω_s 、 ω_s 分别为粗、细骨料的 1h 吸水率。

2. 当轻骨料含水时，必须在附加水量中扣除自然含水量。

5.3.5 粉煤灰轻骨料混凝土配合比计算应按下列步骤进行：

- 1 基准轻骨料混凝土的配合比计算应按本规程第 5.3.2 条或第 5.3.3 条的步骤进行；
- 2 粉煤灰取代水泥率应按表 5.3.5 的要求确定；

表 5.3.5 粉煤灰取代水泥率

混凝土强度等级	取代普通硅酸盐水泥率 β_c (%)	取代矿渣硅酸盐水泥率 β_c (%)
\leq LC15	25	20
LC20	15	10
\geq LC25	20	15

注：1. 表中值为范围上限，以 32.5 级水泥为基准；

2. \geq LC20 的混凝土宜采用 I、II 级粉煤灰， \leq LC15 的素混凝土可采用 III 级粉煤灰；

3. 在有试验根据时，粉煤灰取代水泥百分率可适当放宽。

3 根据基准混凝土水泥用量 (m_{c0}) 和选用的粉煤灰取代水泥百分率 (β_c)，按下式计算粉煤灰轻骨料混凝土的水泥用量 (m_c):

$$m_c = m_{c0}(1 - \beta_c) \quad (5.3.5-1)$$

4 根据所用粉煤灰级别和混凝土的强度等级，粉煤灰的超量系数 (δ_c) 可在 1.2~2.0 范围内选取，并按下式计算粉煤灰掺量 (m_f):

$$m_f = \delta_c(m_{c0} - m_c) \quad (5.3.5-2)$$

5 分别计算每立方米粉煤灰轻骨料混凝土中水泥、粉煤灰和细骨料的绝对体积。按粉煤灰超出水泥的体积，扣除同体积的细骨料用量；

6 用水量保持与基准混凝土相同，通过试配，以符合稠度要求来调整用水量；

7 配合比的调整和校正方法同本规程第 5.3.6 条。

5.3.6 计算出的轻骨料混凝土配合比必须通过试配予以调整。

5.3.7 配合比的调整应按下列步骤进行：

1 以计算的混凝土配合比为基础，再选取与之相差 $\pm 10\%$ 的相邻两个水泥用量，用水量不变，砂率相应适当增减，分别按三个配合比拌制混凝土拌和物。测定拌和物的稠度，调整用水量，以达到要求的稠度为止；

2 按校正后的三个混凝土配合比进行试配，检验混凝土拌和物的稠度和振实湿表观密度，制作确定混凝土抗压强度标准值的试块，每种配合比至少制作一组；

3 标准养护 28d 后，测定混凝土抗压强度和干表观密度。最后，以既能达到设计要求的混凝土配制强度和干表观密度又具有最小水泥用量的配合比作为选定的配合比；

4 对选定配合比进行质量校正。其方法是先按公式 (5.3.6-1) 计算出轻骨料混凝土的计算湿表观密度，然后再与拌和物的实测振实湿表观密度相比，按公式 (5.3.6-2) 计算校正系数：

$$\rho_{cc} = m_a + m_s + m_c + m_f + m_{wt} \quad (5.3.6-1)$$

$$\eta = \frac{\rho_{cc}}{\rho_{cc}} \quad (5.3.6-2)$$

式中 η ——校正系数；

ρ_{cc} ——按配合比各组成材料计算的湿表观密度 (kg/m^3)；

ρ_{cc} ——混凝土拌和物的实测振实湿表观密度 (kg/m^3)；

$m_a, m_s, m_c, m_f, m_{wt}$ ——分别为配合比计算所得的粗骨料、细骨料、水泥、粉煤灰用量和总用水量 (kg/m^3)。

5 选定配合比中的各项材料用量均乘以校正系数即为最终的配合比设计值。

6 施工工艺

6.1 一般要求

6.1.1 大孔隙骨料混凝土的施工应符合附录 A 的规定，轻骨料混凝土的泵送施工应符合附录 B 的规定。

6.1.2 轻骨料进厂（场）后，应按现行国家标准《轻集料及其试验方法》（GB/T 17431.1—2）的要求进行检验验收，对配制结构用轻骨料混凝土的高强轻骨料，还应检验强度等级。

6.1.3 轻骨料的堆放和运输应符合下列要求：

- 1 轻骨料应按不同品种分批运输和堆放，不得混杂；
- 2 轻粗骨料运输和堆放应保持颗粒混合均匀，减少离析。采用自然级配时，堆放高度不宜超过 2m，并应防止树叶、泥土和其他有害物质混入；
- 3 轻砂在堆放和运输时，宜采取防雨措施，并防止风刮飞扬。

6.1.4 在气温高于或等于 5℃ 的季节施工时，根据工程需要，预湿时间可按外界气温和来料的自然含水状态确定，应提前半天或一天对轻粗骨料进行淋水或泡水预湿，然后滤干水分进行投料。在气温低于 5℃ 时，不宜进行预湿处理。

6.2 拌和物拌制

6.2.1 应对轻粗骨料的含水率及其堆积密度进行测定。测定原则宜为：

- 1 在批量拌制轻骨料混凝土拌和物前进行测定；
- 2 在批量生产过程中抽查测定；
- 3 雨天施工或发现拌和物稠度反常时进行测定。

对预湿处理的轻粗骨料，可不测其含水率，但应测定其湿堆积密度。

积密度。

6.2.2 轻骨料混凝土生产时，砂轻混凝土拌和物中的各组分材料应以质量计量；全轻混凝土拌和物中轻骨料组可采用体积计量，但宜按质量进行校核。

轻粗、细骨料和掺和料的质量计量允许偏差为 $\pm 3\%$ ；水、水泥和外加剂的质量计量允许偏差为 $\pm 2\%$ 。

6.2.3 轻骨料混凝土拌和物必须采用强制式搅拌机搅拌。

6.2.4 在轻骨料混凝土搅拌时，使用预湿处理的轻粗骨料，宜采用图 6.2.4-1 的投料顺序；使用未预湿处理的轻粗骨料，宜采用图 6.2.4-2 的投料顺序。

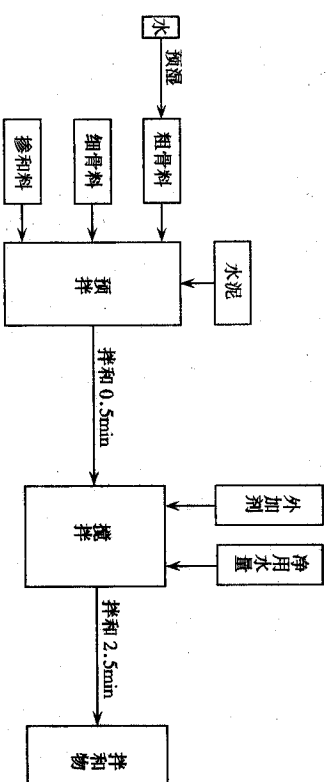


图 6.2.4-1 使用预湿处理的轻粗骨料时的投料顺序

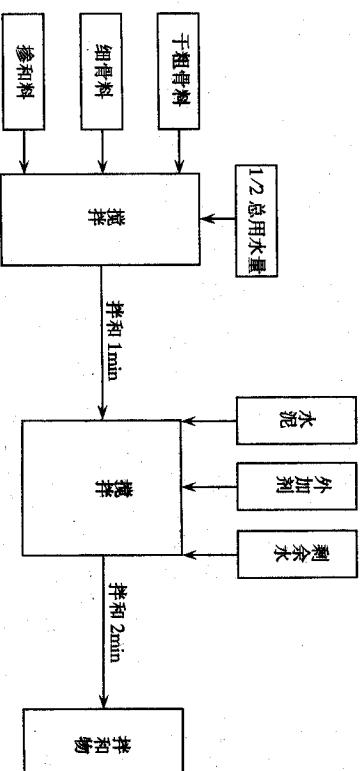


图 6.2.4-2 使用未预湿处理的轻粗骨料时的投料顺序

6.2.5 轻骨料混凝土全部加料完毕后的搅拌时间,在不采用搅拌运输车运送混凝土拌和物时,砂轻混凝土不宜少于3min;全轻或干硬性砂轻混凝土宜为3~4min。对强度低而易破碎的轻骨料,应严格控制混凝土的搅拌时间。

6.2.6 外加剂应在轻骨料吸水后加入。当用预湿处理的轻粗骨料时,液体外加剂可按图6.2.4-1所示加入;当用未预湿处理的轻粗骨料时,液体外加剂可按图6.2.4-2所示加入。采用粉状外加剂,可与水泥同时加入。

6.3 拌和物运输

6.3.1 拌和物在运输中应采取措施减少坍落度损失和防止离析。当产生拌和物稠度损失或离析较重时,浇筑前应采用二次拌和,但不得二次加水。

6.3.2 拌和物从搅拌机卸料起到浇入模内止的延续时间不宜超过45min。

6.3.3 当用搅拌运输车运送轻骨料混凝土拌和物,因运距过远或交通问题造成坍落度损失较大时,可采取在卸料前掺入适量减水剂进行搅拌的措施,满足施工所需和易性要求。

6.4 拌和物浇筑和成型

6.4.1 轻骨料混凝土拌和物浇筑倾落的自由高度不应超过1.5m。当倾落高度大于1.5m时,应加串筒、斜槽或溜管等辅助工具。

6.4.2 轻骨料混凝土拌和物应采用机械振捣成型。对流动性大、能满足强度要求的塑性拌和物以及结构保温类和保温类轻骨料混凝土拌和物,可采用插捣成型。

6.4.3 干硬性轻骨料混凝土拌和物浇筑构件,应采用振动台或表面加压成型。

6.4.4 现场浇筑的大模板或滑模施工的墙体等竖向结构物,应分层浇筑,每层浇筑厚度宜控制在300~350mm。

6.4.5 浇筑上表面积较大的构件,当厚度小于或等于200mm时,宜采用表面振动成型;当厚度大于200mm时,宜先用插入式振捣器振捣密实后,再表面振捣。

6.4.6 用插入式振捣器振捣时,插入间距不应大于棒的振作用半径的一倍。连续多层浇筑时,插入式振捣器应插入下层拌和物约50mm。

6.4.7 振捣延续时间应以拌和物捣实和避免轻骨料上浮为原则。振捣时间应根据拌和物稠度和振捣部位确定,宜为10~30s。

6.4.8 浇筑成型后,宜采用拍板、刮板、辊子或振动抹子等工具,及时将浮在表层的轻粗骨料颗粒压入混凝土内。若颗粒上浮面积较大,可采用表面振动器复振,使砂浆返上,再作抹面。

6.5 养护和缺陷修补

6.5.1 轻骨料混凝土浇筑成型后应及时覆盖和喷水养护。

6.5.2 采用自然养护时,用普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、矿渣水泥拌制的轻骨料混凝土,湿养护时间不应少于7d;用粉煤灰水泥、火山灰水泥拌制的轻骨料混凝土及在施工中掺缓凝型外加剂的混凝土,湿养护时间不应少于14d。轻骨料混凝土构件用塑料薄膜覆盖养护时,全部表面应覆盖严密,保持膜内有凝结水。

6.5.3 轻骨料混凝土构件采用蒸汽养护时,成型后静置时间不宜少于2h,并应控制升温 and 降温速度。

6.5.4 保温和结构保温类轻骨料混凝土构件及构筑物的表面缺陷,宜采用原配合比的砂浆修补。结构轻骨料混凝土构件及构筑物的表面缺陷可采用水泥砂浆修补。

6.6 质量检验和验收

6.6.1 轻骨料混凝土拌和物的检验应按下列规定进行:

1 检验拌和物各组成材料的称量是否与配合比相符。同一配合比每班不得少于一次;

2 检验拌和物的坍落度或维勃稠度以及表观密度，每班每一配合比不得少于一次。

6.6.2 轻骨料混凝土强度的检验应按下列规定进行，其检验评定方法应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》(GBJ 107) 执行。

1 每 100 盘，且不超过 100m³ 的同配合比的混凝土，取样次数不得少于一次；

2 每一工作班拌制的同配合比混凝土不足 100 盘时，取样次数不得少于一次。

6.6.3 混凝土干表观密度的检验应按下列规定进行，其检验结果的平均值不应超过配合比设计值的 $\pm 3\%$ 。

1 连续生产的预制厂及预拌混凝土搅拌站，对同配合比的混凝土，每月不得少于四次；

2 单项工程，每 100m³ 混凝土的抽查不得少于一次，不足者按 100m³ 计。

6.6.4 轻骨料混凝土工程验收应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204) 的有关规定执行。

7 试验方法

7.1 一般规定

7.1.1 轻骨料混凝土拌和物性能、力学性能、收缩和徐变等长期性能，以及碳化、钢筋和抗冻等耐久性性能指标的测定，应符合现行国家标准《普通混凝土拌和物性能试验方法》(GB 50080)、《普通混凝土力学性能试验方法》(GB 50081) 和《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》(GB 50082) 的有关规定。

7.1.2 与轻骨料特性有关的干表观密度、吸水率、软化系数、导热系数和线膨胀系数等混凝土性能指标的测定应符合本章的规定。

7.2 拌和方法

7.2.1 配合比中各组分材料的质量计量允许误差：粗、细骨料和掺和料为 $\pm 1\%$ ；水、水泥和外加剂为 $\pm 0.5\%$ 。

7.2.2 试验室拌制轻骨料混凝土时，拌和量不应小于搅拌机公称搅拌量的三分之一。

7.2.3 轻骨料混凝土应按下列步骤拌和：

1 采用干燥或自然含水率的轻粗骨料时，先将轻粗骨料、细骨料和水泥加入搅拌机内，加入二分之一拌和用水，搅拌 1min 后，再加入剩余拌和水量，继续拌 2min 即可；

2 采用经过淋水预湿处理的轻粗骨料时，先将轻粗骨料滤去明水，与细骨料、水泥一起拌和约 1min 后，再加入拌和用水量，继续拌和 2min 即可。

7.2.4 掺和料或粉状外加剂可与水泥同时加入。液状外加剂或预制成溶液的粉状外加剂，宜加入剩余拌和用水中。

7.3 干表观密度

7.3.1 干表观密度可采用整体试件烘干法或破碎试件烘干法测定。

7.3.2 当采用整体试件烘干法测定干表观密度时, 可把试件置于105~110℃的烘箱中烘至恒重, 称重, 并测定试件的体积, 应按公式(7.3.3-1)计算干表观密度。

7.3.3 当采用破碎试件烘干法测定干表观密度时应按下列试验步骤进行:

1 在做抗压试验前, 先将立方体试件表面水分擦干。用称量为5kg(感量2g)的托盘天平称重。求出该组试件自然含水时混凝土的表观密度。应按下式计算:

$$\rho_n = \frac{m}{V} \times 10^3 \quad (7.3.3-1)$$

式中 ρ_n ——自然含水时混凝土的表观密度(kg/m³);

m ——自然含水时混凝土的质量(g);

V ——自然含水时混凝土试件的体积(cm³)。

2 将做完抗压强度的试件破碎成粒径为20~30mm以下的小块。把3块试件的破碎试料混匀, 取样1kg, 然后将试样放在105~110℃烘箱中烘至恒重;

3 按下式计算出轻骨料混凝土的含水率:

$$W_c = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (7.3.3-2)$$

式中 W_c ——混凝土的含水率(%), 计算精确至0.1%;

m_1 ——所取试样质量(g);

m_0 ——烘干后试样质量(g)。

4 按下式计算出轻骨料混凝土的干表观密度:

$$\rho_d = \frac{\rho_n}{1 + W_c} \quad (7.3.3-3)$$

式中 ρ_d ——轻骨料混凝土的干表观密度(kg/m³), 精确至

10kg/m³;
 ρ_n ——自然含水状态下轻骨料混凝土的表观密度(kg/m³)。

7.4 吸水率和软化系数

7.4.1 吸水率和软化系数试验所用设备应符合下列规定:

1 托盘天平: 称量5kg, 感量2g;

2 烘箱: 105~110℃, 可恒温;

3 压力试验机: 测力精度不低于±1%。

7.4.2 吸水率和软化系数试验应按下列步骤进行:

1 试件的制作和养护按《普通混凝土力学性能试验方法》(GB 50081)的要求进行。采用边长为100mm立方体试件时, 每组为12块; 采用边长为150mm立方体试件时, 每组为6块;

2 标准养护28d后, 取出试件在105~110℃下烘至恒重, 取6块(或3块)试件作抗压强度试验, 绝干状态混凝土的抗压强度(f_0);

3 取其余6块(或3块)试件, 先称重, 确定其质量平均值。然后, 将它们浸入温度为20±5℃的水中, 浸水时间分别为: 0.5h、1h、3h、6h、12h、24h、48h; 每到上述各时间, 将试件取出, 擦干、称重, 确定其质量平均值。随后, 再浸入水中, 直至48h时, 将试件取出, 擦干、称重, 确定其质量平均值;

4 在称得浸水时间为48h时试件的质量平均值后, 即进行抗压强度试验, 确定饱水状态混凝土的抗压强度(f_t);

5 按下列公式计算轻骨料混凝土的吸水率及软化系数:

$$\omega_t = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (7.4.2-1)$$

$$\omega_{sat} = \frac{m_n - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (7.4.2-2)$$

$$\psi = \frac{f_1}{f_0} \quad (7.4.2-3)$$

式中 m_0 ——烘至恒重试件的质量平均值 (kg);

m_t ——浸水时间为 t 时试件的质量平均值 (kg);

m_n ——浸水时间为 48h 时试件的质量平均值 (kg);

ω_t ——浸水时间为 t 时的吸水率 (%);

ω_{sat} ——浸水时间为 48h 时的吸水率 (%);

ψ ——软化系数;

f_0 ——绝干状态混凝土的抗压强度 (MPa);

f_1 ——饱水状态混凝土的抗压强度 (MPa)。

7.5 导热系数

7.5.1 导热系数可采用热脉冲法进行测定, 其适用于测定干燥或不同含湿状况下轻骨料混凝土的导热系数、导热系数和比热容。

7.5.2 热脉冲法测定导热系数的装置由一个加热器和放置在加热器两侧材料相同的三块试件以及测温热电偶组成 (图 7.5.2)。当加热器通以电流后, 根据被测试件的温度变化可测出试件的导热系数、导热系数和比热容。装置的各个部分应满足下列要求:

1 加热器的厚度不应大于 0.4mm, 且应有弹性, 其面热容量应小于 0.42kJ/(m²·°C); 加热丝应选用电阻温度系数小的镍铜、锰铜等材料, 加热丝之间的间距宜小于 2mm, 整个面积发出的热量应是均匀的, 且对试件应为对称传热; 加热器不应有吸湿性, 其尺寸宜与试件尺寸相同;

2 热电偶直径宜选用 0.1mm, 电势测量仪表的精度应为 ±1μV;

3 在试验过程中, 应保持测量装置电压恒定, 稳定度应为 ±0.1%, 功率测量误差应小于 0.5%;

4 应设有试件夹紧装置, 以保证相互间接触紧密。

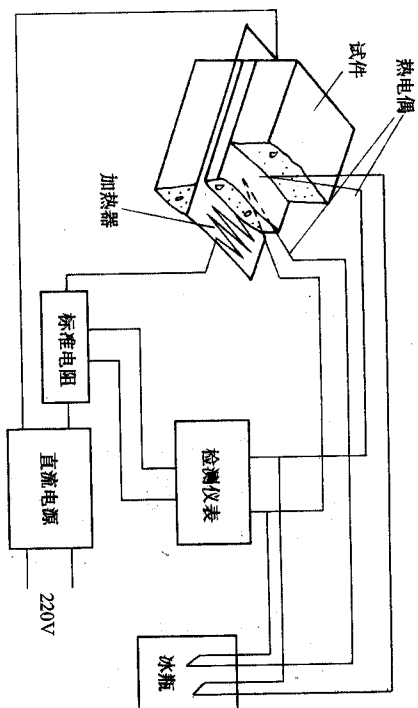


图 7.5.2 用热脉冲法测量导热系数装置示意图

7.5.3 导热系数测定所用试件应符合下列要求:

1 试件以三块为一组, 取自相同配合比的混凝土, 各试件间的表观密度差应小于 5%;

2 三块试件分别为: 薄试件一块 (200mm×200mm×20~30mm), 厚试件二块 (200mm×200mm×60~100mm);

3 试件两表面应平行, 厚度应均匀。薄试件不平行度应小于试件厚度的 1%。各试件的接触面应结合紧密;

4 测量干燥状态的热物理系数时, 试件应在 105~110°C 下烘干至恒重。测量不同含湿状况的热物理性能时, 应将干燥试件培养至所需湿度后再进行测定。一组试件之间的湿度差应小于 1%, 在同一试件内湿度分布宜均匀。

7.5.4 导热系数试验应按下列步骤进行:

1 称量试件质量, 测量试件尺寸, 计算混凝土的干表观密度;

2 将试件按图 7.5.2 所示安置完毕。当试件的初始温度在 10min 内的变化小于 0.05°C, 且薄试件上下表面温度差小于 0.1°C 时, 可开始测定;

3 接通加热器电源, 并同时启动秒表, 测量加热回路电流;

4 加热时间 (τ') 控制为 4~6min, 当薄试件上表面温度升高 1~2℃时, 记录上表面热电势及相对对应的时间。接着测量热源面上的热电势及相对对应的时间, 其间不宜超过 1min;

5 关闭加热器, 经 4~6min 后, 再测一次热源面上的热电势和相对对应的时间。

7.5.5 导热系数试验结果应分别按下列公式计算。

1 试件的干表观密度:

$$\rho_d = \frac{m}{V} \quad (7.5.5-1)$$

式中 m ——试件质量 (kg);

V ——试件体积 (m^3)。

2 试件的质量含水率:

$$\omega = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (7.5.5-2)$$

式中 m_1 ——烘干至恒重试件的质量 (kg);

m_2 ——某一含湿状态下试件的质量 (kg)。

表 7.5.5 函数 B (Y) 表

Y ²	0	1	2	3	4
0.0	1.0000	0.8327	0.7693	0.7229	0.6852
0.1	0.5379	0.5203	0.5037	0.4881	0.4736
0.2	0.4010	0.3908	0.3810	0.3716	0.3625
0.3	0.3151	0.3031	0.3014	0.2948	0.2885
0.4	0.2543	0.2492	0.2442	0.2394	0.2347
0.5	0.2089	0.2049	0.2010	0.1973	0.1937
0.6	0.1735	0.1704	0.1674	0.1645	0.1616
0.7	0.1456	0.1431	0.1407	0.1383	0.1360
0.8	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170	0.1151
0.9	0.1044	0.1027	0.1011	0.09949	0.09791
1.0	0.08908	0.08770	0.08634	0.08501	0.08370
1.1	0.07631	0.07516	0.07403	0.07292	0.07181
1.2	0.06562	0.06464	0.06368	0.06274	0.06181
1.3	0.05657	0.05575	0.05494	0.05414	0.05335

续表

Y ²	0	1	2	3	4
1.4	0.04890	0.04820	0.04751	0.04684	0.04617
1.5	0.04238	0.04179	0.04120	0.04062	0.04004
1.6	0.03680	0.03629	0.03578	0.03528	0.3479
1.7	0.03201	0.03157	0.03114	0.03072	0.03030
1.8	0.02790	0.02752	0.02715	0.02678	0.02642
1.9	0.02435	0.02402	0.02370	0.02333	0.02307
2.0	0.02128	—	—	—	—
0.0	0.6533	0.6253	0.6002	0.5777	0.5570
0.1	0.4599	0.4469	0.4346	0.4229	0.4117
0.2	0.3539	0.3455	0.3375	0.3298	0.3223
0.3	0.2824	0.2764	0.2707	0.2651	0.2596
0.4	0.2301	0.2256	0.2213	0.2170	0.2129
0.5	0.1902	0.1867	0.1833	0.1800	0.1767
0.6	0.1588	0.1561	0.1534	0.1507	0.1481
0.7	0.1337	0.1315	0.1293	0.1271	0.1250
0.8	0.1132	0.1114	0.1096	0.1078	0.1061
0.9	0.09645	0.09491	0.09340	0.09129	0.09048
1.0	0.08241	0.08115	0.07991	0.07869	0.07749
1.1	0.07073	0.06967	0.06863	0.06761	0.06660
1.2	0.06090	0.06000	0.05912	0.05826	0.05741
1.3	0.05258	0.05182	0.05107	0.05033	0.04961
1.4	0.04552	0.04487	0.04423	0.04360	0.04298
1.5	0.03948	0.03893	0.03839	0.03785	0.03732
1.6	0.03431	0.03384	0.03337	0.03291	0.03246
1.7	0.02988	0.02947	0.02907	0.02867	0.02828
1.8	0.02606	0.02570	0.02535	0.02501	0.02468
1.9	0.02276	0.02246	0.02216	0.02186	0.02157
2.0	—	—	—	—	—

注: Y² 值的竖行为其首数, 横行为其尾数。

3 试件的导温系数、导热系数及比热容应分别按下列公式计算：

(1) 函数 $B(Y)$ 值的计算：

$$B(Y) = \frac{\theta'(x \cdot \tau') \sqrt{\tau'}}{\theta(o \cdot \tau'_2) \sqrt{\tau'_2}} \quad (7.5.5-3)$$

式中 $\theta'(x \cdot \tau')$ 、 τ' ——薄试件上表面过余温度 ($^{\circ}\text{C}$)，及相对应的时间 (h)；

$\theta(o \cdot \tau'_2)$ 、 τ'_2 ——升温过程中热源面上的过余温度 ($^{\circ}\text{C}$) 及相对应的时间 (h)。

根据计算所得的 $B(Y)$ 值，查表 7.5.5 求得 Y^2 值；

(2) 导温系数 (a) 的计算：

$$a = \frac{d^2}{4\tau'Y^2} (\text{m}^2/\text{h}) \quad (7.5.5-4)$$

式中 d ——薄试件的厚度 (m)；

τ' ——薄试件上表面温度为 $\theta'(x, \tau')$ 时的时间 (h)；

Y^2 ——函数 $B(Y)$ 的自变量。

(3) 导热系数 (λ) 的计算：

$$\lambda = \frac{Q \sqrt{a(\sqrt{\tau_2} - \sqrt{\tau_2 - \tau_1})}}{A\theta(o \cdot \tau_2) \sqrt{\pi}} [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \quad (7.5.5-5)$$

式中 $\theta(o \cdot \tau_2)$ 、 τ_2 ——降温过程中热源面上的过余温度 ($^{\circ}\text{C}$) 及相对应的时间 (h)；

τ_1 ——关闭热源相对应的时间 (h)；

A ——加热器的面积 (m^2)；

a ——导温系数 (m^2/h)；

Q ——加热器的功率 (W)；

$$Q = I^2 R \quad (7.5.5-6)$$

I ——通过加热器的电流 (A)；

R ——加热器的电阻 (Ω)。

(4) 比热容 (c) 的计算：

$$c = \frac{\lambda}{a\rho} [\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})] \quad (7.5.5-7)$$

式中 λ ——导热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]；

ρ ——三块试件的平均表观密度 (kg/m^3)。

(5) 蓄热系数 (s) 的计算：

$$s = 0.51 \cdot \lambda \cdot a \cdot \rho$$

7.5.6 每组试件应测量三次，当相对误差小于 5% 时，取三次试验平均值作为该组试件的热物理系数值。

7.6 线膨胀系数

7.6.1 线膨胀系数测定时所用的试件应为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的棱柱体，每组至少三块；并应具有下列设备：

1 人工气候箱，如无人工气候箱，亦可采用稳定性较好的烘箱；

2 电阻应变仪；

3 测量温度用镍铜—铜热电偶 (试件成型时埋入混凝土内) 及符合精度要求 (精确至 0.1°C) 的电位差计；

4 石英管一根。

7.6.2 线膨胀系数测定应按下列步骤进行：

1 试件应在恒温恒湿养护室养护到 28d 龄期后，放入 $105 \sim 110^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中加热 24h，再在室内放置 $5 \sim 7\text{d}$ 以使其湿度达到平衡；

2 每个试件两侧各贴一个电阻片及一个热电偶。电阻片标距应为 100mm ，其电阻值应相同。贴片可采用 502 胶或其他在试验温度范围内工作可靠的胶粘贴；

3 热电偶应事先在恒温器中校准，求出温度与电位差的关系，其温度读数应精确在 0.1°C ；

4 应在石英管上贴同样规格的电阻片，作电阻应变仪的补偿之用。为检查试验工作是否正常，应同时准备已知线膨胀系数的钢或铜等材料的试件，与混凝土试件同时进行测试；

5 所有测量温度和变形的引出导线与仪器接通, 经检验待工作正常后, 调零, 记下初读数。随即开始升(降)温, 每次升(降)温的幅度控制在 10℃ 左右, 升(降)温速度宜缓慢, 到达温度后要恒温到试件内外温差小于 0.2℃ 时才能测数, 每次恒温时间宜为 3h;

6 记下所有各点的温度及变形读数后, 即可继续升(降)温。整个试验的最低和最高温度差值应大于 60℃。

7.6.3 线膨胀系数的取用和计算应按下列规定进行:

1 按测得的温度和变形的数据用回归分析法求得两者的关系。温度和变形若呈直线关系, 其斜率即为线膨胀系数;

2 数据不多时, 也可用下式计算:

$$\alpha_T = \frac{\epsilon_t - \epsilon_0}{t - t_0} \quad (7.6.3)$$

式中 α_T ——线膨胀系数;

ϵ_t ——温度为 t 时的变形值 (mm);

ϵ_0 ——初始变形值 (mm), 如电阻应变仪在 t_0 时调零, 则 $\epsilon_0 = 0$;

t_0 ——初始温度 (℃);

t ——测量时的温度 (℃)。

附录 A 大孔轻骨料混凝土

A.1 一般规定

A.1.1 大孔径骨料混凝土按其抗压强度标准值, 可划分为 LC2.5、LC3.5、LC5.0、LC7.5 和 LC10.0 五个强度等级。按其干表观密度, 可按本规程第 4.1.3 条划分密度等级。

A.2 轻粗骨料技术要求

A.2.1 轻粗骨料级配宜采用 5~10mm 或 10~16mm 单一粒级。

A.2.2 轻粗骨料的密度等级和强度应根据工程需要选用。

A.2.3 轻粗骨料其他技术性能应符合现行国家标准《轻集料及其试验方法第 1 部分: 轻集料》(GB/T 17431.1) 的有关规定。

A.3 配合比计算与试配

A.3.1 混凝土的试配强度应按照本规程第 5.1.2 条计算。

A.3.2 根据轻粗骨料的堆积密度, 宜按下式 (A.3.2) 计算每立方米混凝土的轻粗骨料用量:

$$m_a = V_a \times \rho_{1a} \quad (A.3.2)$$

按体积计量时, 每立方米混凝土的轻粗骨料用量取一立方米松散体积 (V_a)。

A.3.3 根据混凝土要求的强度等级和轻粗骨料品种, 水泥用量可在 150~250kg/m³ 范围内选用, 并可掺入适量外加剂和掺料。

A.3.4 混凝土拌和物的用水量宜以水泥浆能均匀附在骨料表面并呈油状光泽而不流淌为度。可在净水灰比 0.30~0.42 的范围内选用一个试配水灰比, 并可按下式计算拌和物的净用水量 (kg/m³):

$$m_{\text{wH}} = m_c \times W/C \quad (\text{A.3.4-1})$$

式中 W/C ——试配水灰比。

当采用干燥骨料时，应根据净用水量加上轻粗骨料 1h 吸水量，按下式计算总用水量：

$$m_{\text{wH}} = m_{\text{wH}} + m_{\text{wB}} \quad (\text{A.3.4-2})$$

A.3.5 振动加压成型的轻骨料混凝土小型空心砌块宜采用干硬性大孔混凝土拌和物，其用水量宜以模底不淌浆和坯体不变形为准，可按本规程表 5.2.3 选用。

A.3.6 配合比应通过试验确定。其试验与调整应按本规程 5.3.6 条进行。

A.3.7 混凝土试件的成型方法，应与实际施工采用的成型工艺相同。

A.4 施工工艺

A.4.1 拌和物各组分材料应按质量计量。轻粗骨料也可采用体积计量。

A.4.2 拌和物应采用强制式搅拌机拌制。

A.4.3 当采用预湿饱和面干骨料时，粗骨料、水泥和净用水量可一次投入搅拌机内，拌和至水泥浆均匀包裹在骨料表面且呈油状光泽时为准，拌和时间宜为 1.5~2.0min。采用干骨料时，先将骨料和 40%~60% 总用水量投入搅拌机内，拌和 1min 后，再加入剩余水量和水泥拌和 1.5~2.0min。拌制少砂大孔轻骨料混凝土时，砂或轻砂和粉煤灰等宜与水泥一起加入搅拌机内。

A.4.4 现场浇筑时，混凝土拌和物直接浇筑入模，依靠自重落料压实。可用捣棒轻轻插捣靠近模壁处的拌和物，不得振捣。

A.4.5 浇筑高度较高时，应水平分层和多点浇筑。每层高度不宜大于 300mm，浇筑捣实后，表面用铁钎拍平。

A.4.6 大孔轻骨料混凝土小型空心砌块应采用振动加压成型。

A.4.7 养护应按本规程第 6.5 节规定的要求进行。

A.5 质量检验与验收

A.5.1 大孔轻骨料混凝土的质量检验与验收应按本规程第 6.6 节的规定执行。

附录 B 泵送轻骨料混凝土

B.1 一般规定

- B.1.1** 泵送轻骨料混凝土宜采用砂轻混凝土。
- B.1.2** 泵送轻骨料混凝土采用的轻粗骨料在使用前,宜浸水或洒水进行预湿处理,预湿后的吸水率不应少于24h吸水率。

B.2 原材料

- B.2.1** 泵送轻骨料混凝土采用的水泥应符合本规程第3.1.1条的要求。
- B.2.2** 泵送轻骨料混凝土采用的轻粗骨料的密度等级不宜低于600级;当掺入轻细骨料时,轻细骨料的密度等级不宜低于800级。
- B.2.3** 泵送轻骨料混凝土中的轻粗骨料应采用连续级配,公称最大粒径不宜大于16mm,粒型系数不宜大于2.0。
- B.2.4** 泵送砂轻混凝土的细骨料宜采用中砂,细度模数宜在2.2~2.7之间,并应符合国家现行标准《普通混凝土用砂质量标准及试验方法》(JGJ 52)的要求,其中,通过0.315mm颗粒含量不应少于15%。
- B.2.5** 泵送轻骨料混凝土宜掺用泵送剂、减水剂和引气剂等外加剂,且可掺加I、II级粉煤灰、矿物微粉或其他矿物掺和料。外加剂和掺和料应符合有关标准的要求。

B.3 配合比设计

- B.3.1** 泵送轻骨料混凝土配合比的设计除应满足轻骨料混凝土设计强度、耐久性和密度的要求外,其拌和物还应满足混凝土可泵性、粘聚性和保水性的要求。

B.3.2 泵送轻骨料混凝土拌和物入泵时的坍落度值应根据泵送的高度选用,宜为150~200mm;含气量宜为5%。

B.3.3 泵送轻骨料混凝土试配时要求的坍落度值应按下式计算:

$$T_t = T_p + \Delta T \quad (\text{B.3.3})$$

式中 T_t ——试配时要求的坍落度值 (mm);

T_p ——入泵时要求的坍落度值 (mm);

ΔT ——试验时测得在预计时间内的坍落度经时损失值 (mm)。

B.3.4 泵送轻骨料混凝土的水泥用量不宜少于350kg/m³。

B.3.5 泵送轻骨料混凝土的体积砂率宜为40%~50%。当掺用粉煤灰并采用超量法取代水泥时,砂率可适当降低。

B.3.6 泵送轻骨料混凝土配合比的设计步骤宜按本规程第5章进行。其中,轻粗骨料吸水率应采用24h吸水率。泵送轻骨料混凝土配合比应根据具体施工条件进行试配和调整,并进行试泵。

B.4 施工工艺

B.4.1 泵送轻骨料混凝土施工工艺及其设备应符合国家现行标准《混凝土泵送施工技术规程》(JGJ/T 10)第4、5、6章和本规程第6章的有关规定。

B.4.2 拌制轻骨料混凝土之前,浸水预湿的轻骨料宜采取表面覆盖、充分沥水等措施以控制轻骨料呈饱和面干状态,也可采用测出预湿后轻骨料含水率的方法,以控制搅拌时的用水量。

B.4.3 泵送轻骨料混凝土的投料顺序和搅拌时间应符合本规程第6章的有关规定。

B.4.4 泵送轻骨料混凝土泵送施工时,应采取降低泵送阻力的措施。输送管的管径不宜小于125mm。所有管道内应清洁,泵送开始前应先采用砂浆润滑管壁。

B.5 质量检验与验收

B.5.1 泵送轻骨料混凝土的质量控制和质量检验与验收应符合国家现行标准《混凝土泵送施工技术规程》(JGJ/T 10) 第7章的要求和本规程第6.6节有关规定。

B.5.2 泵送轻骨料混凝土各项性能的试验方法应按本规程第7章的有关规定进行。

本标准用词说明

1. 为便于在执行本标准条文时区别对待, 对于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”。
- 表示有选择, 在一定条件下可以这样做的, 采用“可”。
2. 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为: “应符合……的规定”或应按……执行。

中华人民共和国行业标准

轻骨料混凝土技术规程

Technical specification for lightweight aggregate concrete

(JGJ 51—2002)

条文说明

前 言

目 次

《轻骨料混凝土技术规程》(JGJ51—2002), 经建设部 2002 年 9 月 27 日以公告第 68 号文批准、发布。

本标准第一版的主编单位是中国建筑科学研究院, 参加单位是陕西省建筑科学研究院、上海建筑科学研究院、黑龙江建筑低温科学研究所、辽宁省建筑科学研究所、大庆油田建设设计研究院、同济大学、北京市第二建筑构件厂。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《轻骨料混凝土技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,供使用者参考。在使用中如发现本条文说明有不妥之处,请将意见函寄中国建筑科学研究院(地址:北京市北三环东路 30 号,邮编:100013)。

1 总则	49
2 术语、符号	50
3 原材料	51
4 技术性能	52
4.1 一般规定	52
4.2 性能指标	52
5 配合比设计	55
5.1 一般要求	55
5.2 设计参数选择	56
5.3 配合比计算与调整	57
6 施工工艺	59
6.1 一般要求	59
6.2 拌和物拌制	59
6.3 拌和物运输	60
6.4 拌和物浇筑和成型	61
6.5 养护和缺陷修补	62
6.6 质量检验和验收	62
7 试验方法	64
附录 A 大孔轻骨料混凝土	65
附录 B 泵送轻骨料混凝土	69

1 总 则

1.0.1 阐明本规程的编制目的。

1.0.2 本规程规定了无机轻骨料混凝土的适用范围。根据轻骨料混凝土技术发展的需要，删去了原规程不适用于无砂或少砂大孔轻骨料混凝土的规定，初次将无砂大孔轻骨料混凝土列入规程。

2 术语、符号

在我国，轻骨料混凝土新品种混凝土，在《建筑设计术语和符号标准》GB/T 50083—97中列入的、与之相适应的术语和符号很少。因此，《规程》中的术语和符号除按《建筑设计术语和符号标准》GB/T 50083的要求和原则制订外，还考虑尽量与国内相关标准相一致。

3 原材料

3.0.1~3.0.7 轻骨料混凝土的原材料主要是水泥、轻粗骨料、普通砂、水、各种化学外加剂和掺和料。这些原材料的各项技术性能及要求都应满足现行国家或行业的有关标准和规程的要求。因此，本规程将有关标准、规程和规范的名称和编号列入，而内容不再一一列入。

4 技术性能

4.1 一般规定

4.1.1~4.1.4 根据国内外不同类型标准和规程的经验,本章主要规定了轻骨料混凝土强度等级和密度等级的定义及其划分原则。参照国际通用原则,按用途将轻骨料混凝土划分为保温、结构保温和结构轻骨料混凝土三大类,分别规定了各类混凝土的强度等级、密度等级和合理使用的范围,将轻骨料混凝土强度等级符号统一改为 LC。

4.2 性能指标

4.2.1 20 世纪 90 年代以来,我国高强轻骨料的生产取得突破性的发展,在上海、宜昌、哈尔滨、天津和金坛等地已可生产出质量符合国家标准的高强陶粒,可以配制出密度等级为 1900,强度等级为 LC40~LC60 的高强轻骨料混凝土,并越来越多在高层、大跨的房屋建筑和桥梁工程中应用。因此,在轻骨料混凝土强度等级中增设了 LC55 和 LC60 两个等级。

为与钢筋混凝土结构设计规范相适应,删去弯曲抗压和抗剪强度两项标准值。增设 LC55 和 LC60 两个强度等级标准值,其确定原则与其他等级相同。

4.2.2 原《规程》中轻骨料混凝土弹性模量值 (E_{LC}),是在专题研究基础上提出的我国自己的弹性模量经验公式 $E_{LC} = 2.02 \cdot \rho \cdot \sqrt{f_{\text{cu,k}}}$ 标定而得的,但近几年发现工程中的应用的高强轻骨料混凝土的 E_{LC} 值与公式相比偏高约 12%。

在这次修订中,经专题论证发现,其主要原因是在参照美国 ACI 213R74、84、87 的弹性模量公式 $E_c = \rho_c^{1.5} \cdot 0.043 \cdot \sqrt{f_c}$ (式中 f_c 为轻骨料混凝土圆柱体试件抗压强度)时,在轻骨料混凝土

土强度大于 35~42MPa 范围, E_{LC} 值下调 6%~15% 所致。

经与近几年工程中所用高强轻骨料混凝土的 E_{LC} 值相比较,完全证实了这一点。因此,在这次修订中,仍以原公式 $E_{LC} = 2.02 \cdot \rho \cdot \sqrt{f_{\text{cu,k}}}$ 为依据,但高强、高密度区的 E_{LC} 值不再下调。

4.2.3~4.2.4 原《规程》的收缩和徐变的标定值,在专题研究成果的基础上,提出的我国自己的在标准状态轻骨料混凝土下收缩经验公式 $\epsilon(t)_0 = \frac{t}{a+bt} \times 10^{-3}$ 、徐变系数的经验公式 $\varphi(t)_0$

$= \frac{t^n}{a+bt^n}$ 标定而得的。但原《规程》规定只适用于 LC20~LC30 的结构轻骨料混凝土。

在这次修订中,经与 ACI 213R 和美国 SOLITTE 公司的有关资料相比较,又经近几年我国有关工程和试验的实测资料验证,充分说明,原规程中给出的有关公式和系数,仍然适用于 LC30~LC60 的结构轻骨料混凝土。只是原《规程》标定值富裕系数较小,特别是收缩值更为明显。因此,本规程中规定的收缩值和徐变系数上限,即表 4.2.3 和表 4.2.4 列出的数值,是按《规程》中给出的公式,按不同龄期和具有 95% 保证率计算得出。

4.2.7 为适应建筑节能技术发展的需要,在轻骨料混凝土密度等级方面,增加了 600 和 700 两个密度等级。与其相对应的有关热物理系数,仍按原规程所采用的有关实验公式计算。

4.2.8 轻骨料混凝土与普通混凝土同样,具有良好的抗冻性,本规程的抗冻性指标主要参照国外有关标准和规范的一般性规定,近 10 年来未有异议。这次修订基本保持原规定,并新规定在干湿交替部位、水位变化部位或粉煤灰掺量大于 50% 的工程应用时,抗冻等级应大于 F50,以保证工程的耐久性,国外桥梁和海工等工程的应用经验证明这是适宜的。

4.2.9 轻骨料混凝土的抗碳化指标是在 1981 年建筑科技发展计划中,在轻骨料混凝土和普通混凝土抗碳化性能专题研究成果的

基础上制定的。20 多年的工程实践表明，抗碳化指标是合理、可行的。

4.2.10 这一新增条款是在轻骨料混凝土应用日益增多的情况下，根据工程实际的要求而制订。轻骨料混凝土比普通混凝土具有更好的抗渗性，许多工程在混凝土的抗渗性方面也有相应的要求。

4.2.11 这是新列入的条款。20 世纪 80 年代以来，在国外，次轻混凝土（又称指定密度混凝土，或普通轻混凝土）在桥梁等工程中的应用越来越多。在轻粗骨料中加入适量的普通粗骨料配制而成的次轻混凝土，与未掺入普通粗骨料的轻骨料混凝土相比，具有更好的力学性能和体积稳定性，这对改善轻骨料混凝土的性能，扩大其应用范围都有积极的意义。因此，为促进次轻混凝土的发展，将其列入规程是十分必要的。鉴于我国尚缺乏次轻混凝土的系统试验资料，因此，规定次轻混凝土的强度标准值、弹性模量、收缩和徐变等有关性能，应通过试验确定。

5 配合比设计

5.1 一般要求

5.1.1 本条文规定轻骨料混凝土配合比设计的主要目的与任务。轻骨料混凝土与普通混凝土不同的是，除抗压强度应满足设计要求外，表观密度也应满足要求。在某些特殊情况下，如在高层、大跨等承载结构上，还应满足对弹性模量、收缩和徐变等的要求。

5.1.2 本条文规定了试配强度的确定方法，强调轻骨料混凝土的配合比应通过计算和试配确定，一样也不能少。和普通混凝土一样，试配强度应具有 95% 的保证率。

5.1.3 《规程》新编时，对我国各主要地区的部分工程中不同强度等级、不同品种的轻骨料混凝土取样的 4800 组试块抗压强度的统计资料说明，其各强度等级总体的强度标准差 σ ，与普通混凝土基本上是一致的。因此，其 σ 的取值与普通混凝土相同。

5.1.4 鉴于轻骨料混凝土技术的发展，为改善某些性能指标，在轻骨料混凝土中同时采用两种不同品种的粗骨料，在国外应用已越来越多。在国内，近几年，发现不少厂家，从谋利出发，在陶粒混凝土小砌块中，加入大量劣质炉渣（又称煤渣），仍称陶粒混凝土小砌块，以高价售出，引起公愤。为了抑制这种现象，保证混凝土小砌块的质量，特意在本条文中，规定了对炉渣的限制量。

5.1.5 化学外加剂和掺和料品种很多，性能各异。其品种与掺入量对水泥适应性的影响，比普通混凝土更甚，因此，为了保证轻骨料混凝土的施工质量，特制定本条文。

5.1.6 根据轻骨料混凝土技术发展的需要，增设了主要用于小砌块、屋面和墙体的大孔轻骨料混凝土，以及用于现浇施工的泵

送轻骨料混凝土的技术内容。

5.2 设计参数选择

5.2.1 表 5.2.1 下注中的水泥强度等级应按现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB175—1999) 的规定执行。因为轻骨料混凝土配合比设计复杂, 水泥用量不按公式计算, 而是按表 5.2.1 的有关参数经试验确定; 所以, 这次水泥新标准的实施对其影响不大。

5.2.2 根据对混凝土耐久性更高的要求, 参照美国 ACI 318 M—95 的要求, 将表 5.2.2 中最大水灰比调低。表中的最小水泥用量, 是根据 ACI 318 M—95 给出的对不同环境条件和不同强度等级的要求, 在原规程的基础上调整而得。

5.2.3 根据十多年来生产和工程实践经验, 表 5.2.3 中增加振动加压成型, 是为适应某些干硬性混凝土生产的需要, 如砌块等; 坍落度加大, 是根据减水剂的普遍使用、混凝土搅拌运输车出料和施工操作要求等多方面技术发展情况调整的。

5.2.4 此条文规定了轻骨料混凝土砂率特殊的表示方法, 及不同用途轻骨料混凝土的砂率值的变化范围。与普通混凝土的不同点: 一是以体积砂率表示; 二是一般砂率较大。

轻骨料混凝土的砂率应以体积砂率表示, 即细骨料体积与粗骨料总体积之比。体积可采用松散体积或绝对体积表示。其对应的砂率为松散体积砂率或绝对体积砂率。随其配合比设计方法不同, 采用砂率表示方法也不同: 采用松散体积法设计配合比则用松散体积砂率表示; 用绝对体积法设计时, 则用绝对体积砂率表示。

不同用途混凝土的砂率变化范围是根据国内外施工经验制定的。经过多年的实践证明是可行的。故本次修订没有变动。

5.2.5 表 5.2.5 中用普通砂时粗骨料总体积下限降低, 主要是根据高强陶粒、高强陶粒混凝土和较高强度等级的砂轻混凝土在结构中的推广应用, 及其施工操作性能的要求等原因, 使水泥

和粉煤灰等掺和料总用量相对增加而确定的。试验和实际工程已明显反映出这一变化。美国用于工程结构方面 (如桥梁等) 的轻骨料混凝土配合比也反映出这一点。

5.2.6 《粉煤灰在混凝土和砂浆中应用技术规程》(JGJ28—86) 尚未重新修订。当时制订的某些掺量较保守。当前, 粉煤灰在混凝土中掺量向较大掺量方向发展。因此, 这次修订中, 允许在有试验根据时, 可适当放宽粉煤灰掺量的范围。

5.3 配合比计算与调整

5.3.1 将松散体积法用于砂轻混凝土的配合比计算, 并放在突出位置, 基于五点考虑: 1. 在计算过程中, 有关材料的计算参数, 需要经专门试验加以确定, 而轻骨料和砂等有关材料匀质性不理想, 试验确定的参数, 代表性并不好。因此, 绝对体积法往往与实际情况有较大出入。2. 实际工程中, 时常由于缺乏试验条件, 或图方便省时间, 往往直接采用经验取值作为计算参数。实践证明, 这种方法应用效果不理想, 最终还是靠试验修正, 修正的偏差还较大。3. 松散体积法基于试验和应用经验, 也可包括了积累经验过程中绝对体积法在初步计算时的大量应用, 我们可以站在已有知识 (包括理论指导、试验和应用经验) 的平台上, 在合理范围内查取计算参数, 直接经试验调整确定配合比, 相对较为简明。4. 松散体积法相对较简易, 便于理解和应用, 有利于试验和工程中配合比的反复调配, 有利于轻骨料混凝土的推广应用; 5. 试验和工程证明, 松散体积法的应用, 确实带来很大的方便, 而且, 其准确性和可靠性是有保证的。

经验证明, 两种配合比计算和调整的步骤可行, 这次修订未作改动。

5.3.2 松散体积法是以给定每立方米混凝土的粗细骨料松散总体积为基础进行计算, 然后按设计要求的混凝土干表观密度为依据进行校核, 最后通过试验调整出配合比。

20 多年使用经验说明, 本条文规定的松散体积法, 既适用

全轻混凝土，也适用于砂轻混凝土。它是一个十分简便易行、预估性较好的和非常实用的轻骨料混凝土配合比设计方法。它特别适用于在施工中及时、快速地调整配合比。这次规定仍沿用以前设计步骤，未作修改。

5.3.3 绝对体积法是按每立方米混凝土的绝对体积为各组成材料的绝对体积之和进行计算。绝对体积法概念明确，便于计算。但由于原材料的某些设计参数，如粗、细骨料的颗粒表观密度和水泥的密度等，设计需经试验确定，费时较多，十分麻烦，不能满足在施工中经常检测，及时调整配合比的要求。若不采用实测值，而是按一般的资料任取一个经验值进行计算，则可能带来配合比设计结果的较大误差，影响工程质量。

但对于对比、检验、分析和研究等工作，绝对体积法仍是有效的。这次规定仍沿用以前设计步骤，未作修改。

5.3.4 轻骨料一般都具有吸水性。为了便于计算附加水量，进而计算轻骨料混凝土的总用水量，特列出表 5.3.4，使概念更为清楚，便于使用。

5.3.5 表 5.3.5 将粉煤灰的应用扩大到 LC30 以上，同时考虑到大掺量粉煤灰技术发展的需要，在注中取消了“钢筋轻骨料混凝土的粉煤灰取代水泥率不宜大于 15%”的内容，写入了在试验根据时可适当放宽的条款。近年来的研究和工程实践证明，只要加强粉煤灰质量控制和应用技术保证，适当扩大粉煤灰在轻骨料混凝土中的应用是可行的。

6 施工工艺

6.1 一般要求

6.1.1 该条对本章的适用范围重新作了调整。去掉了“适用于一般工业与民用建筑”，和“不适用于特种……工程”的字样。

20 多年的施工经验说明，本章的规定不仅适用于工业与民用建筑，也可适用于热工、水工、桥涵等土木工程轻骨料混凝土的施工。

6.1.2 强调原材料进场后，应按国家标准的要求进行复检验收。

6.1.3 对轻骨料进入施工现场后的堆放、运输作了具体规定。强调应按不同品种，分批运输和堆放，在堆放时避免离析，并宜采取防雨、防风防水措施。

6.1.4 在低于 5℃ 的气温下，不宜进行轻骨料混凝土的预湿和施工。

6.2 拌和物拌制

6.2.1 一般来说，轻粗骨料的堆积密度变化较大，在生产过程中若不经常对其进行测定，将在很大程度上影响拌和物方量的准确性。轻粗骨料的含水率会影响配合比中用水量的准确性，并对拌和物的稠度和混凝土的强度产生不良影响。为保证混凝土施工用轻骨料混凝土拌和物方量与配合比计算方量相吻合，以及拌和物的和易性符合施工要求，应对轻粗骨料的含水率及其堆积密度进行测定。

6.2.2 本条文规定轻骨料混凝土原材料的计量方法。砂轻混凝土和普通混凝土一样可采用按质量计量；但全轻混凝土则采用体积与质量相结合的方法计量。误差的控制按质量计量，与普通混凝土相同。

6.2.3 轻骨料混凝土因骨料轻，自落式搅拌机一般不易搅匀，严重影响混凝土性能，建设部早已明文规定禁止使用。因此，本条规定应采用强制式搅拌机。

6.2.4 本条文按预湿处理和非预湿处理两种拌和物搅拌工艺分别提出预湿、计量、下料、拌和、出料的工艺流程图，程序明确，一目了然，便于操作。20年来生产实践证明，该工艺流程是可行的。此次修订基本上未作变动。

6.2.5 本条文规定了不采用搅拌运输车运送混凝土拌和物时，即不是由预拌混凝土厂供料时，砂轻混凝土和全轻混凝土的搅拌时间（含下料）不宜超过3min。为保证拌和物的均匀性，全轻混凝土拌和物的搅拌时间宜延长1min。

若由预拌混凝土厂供货时，砂轻混凝土拌和物的搅拌时间，则可视拌和物距离的远近，适当缩短。

6.2.6 本条文专门规定了化学外加剂掺入的方法。轻粗骨料具有一定吸水性，试验证明，轻粗骨料未预湿时，与拌和水同步加入化学外加剂，会部分被轻粗骨料所吸收，而影响其功效，因此，外加剂应在轻骨料吸水后加入。

6.3 拌和物运输

6.3.1 本条文明确规定，轻骨料混凝土拌和物运输时，如坍落度损失或离析较严重者，浇筑前应采用人工二次拌和，但不得加水。若加水，即使是加入量不多，也会严重降低混凝土上的强度，影响工程质量。

6.3.2 为了减少轻骨料混凝土拌和物的坍落损失，应选择最佳运输路线，中途不停顿。本条文规定，其从搅拌机卸料至浇入模内止的时间，不宜超过45min。

6.3.3 当采用搅拌运输车运送拌和物时，如发现罐内拌和物坍落度损失严重，可在卸料前加入适量减水剂，加速转几圈后出料。掺入量的多少应以不影响混凝土质量为准。

6.4 拌和物浇筑和成型

6.4.1 为了避免离析，减小了拌和物浇筑时倾落的自由高度。倾落的自由高度从2m降低到1.5m。

6.4.2 轻骨料混凝土拌和物的内摩擦力比普通混凝土的大。为保证拌和物的密实性，本条规定应采用机械振捣成型。只有对流动性大、不振捣和硬化后的混凝土强度能满足要求的塑性拌和物，以及对强度没有要求的结构保温类和保温类的轻骨料混凝土拌和物，可采用插捣成型。

6.4.3 本条规定了干硬性轻骨料混凝土构件的成型应采用振动台或表面振动加压成型，以保证振捣密实。

6.4.4 本条规定了竖向结构构件的浇筑应采用分层振捣成型，拌和物每层厚度宜控制在300mm左右。

6.4.5 本条规定了浇筑大面积水平构件时的振捣方法。厚度小于200mm或大于200mm时，可采用不同的振捣方式。但最终是要保证混凝土的密实性。

6.4.6 本条根据施工经验，规定了采用插入式振捣器的振捣深度和距离，以及多层浇筑插捣的注意事项。强调连续多层浇筑时，插入式振捣器应插入下层拌和物50mm。

6.4.7 本条规定了拌和物成型时的振捣时间（含振动台，表面振动器和插入式振捣器）。振捣时间的长短不仅影响混凝土的密度和强度，而且还影响拌和物中轻骨料的上浮，表面气泡的大小和分布，以及蜂窝、狗洞等表面质量问题。应根据拌和物稠度、振捣部位、配筋疏密和操作技术水平等具体情况，在本条规定的振捣时间范围（为10~30s）内，利用经验和试振捣确定。

6.4.8 为保证轻骨料混凝土表面质量，在振捣成型后，应进行抹面处理。若轻粗骨料上浮时，不应刮去，应采取措拖（如用表面振动器再振一遍等），将其压入混凝土内，抹平，保证混凝土配合比与设计相符。

6.5 养护和缺陷修补

6.5.1 轻骨料混凝土成型后，应比普通混凝土更为注意防止表面失水，否则可能因为内外湿差引起收缩应力，导致混凝土表面裂缝。

6.5.2 本条文规定了轻骨料混凝土自然养护应注意的事项。虽然因水泥品种不同而略有差异，但还都应注意早期养护，坚持14天湿养护是十分必要的。特别是在夏季，并非14天后就平安无事了，对厚大的结构或构件更不能掉以轻心。

6.5.3 取消热拌混凝土的养护要求。蒸汽养护时，成型后应有一定的静停时间，强调升温、降温都不宜太快，以保证通汽升温时不发生温度裂缝。

6.5.4 对结构保温类和保温类轻骨料混凝土构件，为使其缺陷修补处的保温性能与主体一致，宜用原配合比砂浆修补。

6.6 质量检验和验收

6.6.1 本条文规定了轻骨料拌和物检验的项目和次数。应注意，与普通混凝土拌和物不同的是，除强度与坍落度外，每次还必须检验拌和物的表观密度。很多工地，甚至是对轻骨料混凝土较熟悉的技术人员，也经常忘了这一点。

6.6.2 本条文规定了轻骨料混凝土强度的检验次数和评定方法和普通混凝土强度一样，应按GBJ107—87的规定进行。

6.6.3 轻骨料混凝土硬化后的表观密度的检验，可在28d龄期时，按本规程第7.3节规定的方法，与抗压强度同时进行。按本文规定予以评定时，若检验值与设计值之间的偏差 $>3\%$ 时，应及时采取措施。一般说来，在按6.6.1条进行拌和物检验后，如轻骨料混凝土理论干表观密度（即 $\rho_{td} = 1.15m_c + m_a + m_s$ ）与设计值之间的偏差不大于2%，则按本条检验就不会有问题。所以应该说按6.6.1验评更为重要。

6.6.4 前规程未列入“工程验收”的条文，曾引起一些误解，

以为不必进行工程验收，也不明白应如何进行验收。因此，本条文明确规定，应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》的有关规定进行验收。

7 试验方法

附录 A 大孔轻骨料混凝土

7.1~7.6 轻骨料混凝土和普通混凝土同属混凝土范畴。根据国外经验, 为了使用和比较, 其试验方法是统一的。轻骨料混凝土拌和物性能、力学性能以及收缩徐变等长期性能的试验方法, 全部按我国普通混凝土的国家标准执行。干表观密度, 导热系数等试验方法, 则参照国内外轻骨料混凝土通用的方法制定。试验配合比中各组分材料计量允许误差的控制严于施工配合比。

7.4 节用于测定轻骨料混凝土随时间变化的吸水性能及吸水饱和后的强度变化情况, 以评定其耐水性能。7.6 节用于测定轻骨料混凝土的温度线膨胀系数; 以评定其温度变形性能。

大孔轻骨料混凝土具有水泥用量低、表观密度小、热工性能好、收缩小和无毛细管渗透现象等特点。早在二次大战后, 国外就大量推广应用大孔轻骨料混凝土。我国在 20 世纪 70 年代后期也开始研究, 并在工业与民用建筑墙体工程中 (包括现浇与预制) 应用。近几年, 大量应用于制作小砌块, 取代粘土砖, 成为我国墙体材料改革中最有发展前途的一种新型墙体材料。

但是, 以前的规程没有包括大孔轻骨料混凝土。为了使大孔轻骨料混凝土的生产和应用达到技术先进、质量优良和经济合理, 特将其列入本规程的附录。

A.1 一般规定

本节阐明了附录 A 的适用范围, 以及大孔轻骨料混凝土强度等级和密度等级的划分。

A.2 轻粗骨料技术要求

A.2.1 大孔轻骨料混凝土对轻粗骨料级配的要求与密实轻骨料混凝土不同。为了使混凝土中形成较多的大孔隙, 宜采用单一级。

A.2.2 轻粗骨料的密度和强度是影响大孔轻骨料混凝土质量的主要因素, 因此, 轻粗骨料的选用, 要与大孔轻骨料混凝土要求的密度和强度相适应。

A.3 配合比计算与试配

A.3.1 与轻骨料混凝土的配合比计算步骤相同, 应根据混凝土要求的强度等级, 计算试配强度。试配强度的计算方法与本规程

5.1.2 条相同。

A.3.2 本条规定了每立方米大孔混凝土的轻粗骨料用量的计算方法。大孔轻骨料混凝土的轻粗骨料用量是按每立方米混凝土用 1m^3 松散体积的轻粗骨料计算。如按质量计量, 则 1m^3 混凝土的轻粗骨料用量等于其堆积密度乘以 1m^3 。

A.3.3 大孔轻骨料混凝土的水泥用量取决于混凝土强度等级和所用轻粗骨料的品种。虽然国内一些研究者提出过各种计算公式, 但使用时都有一定的局限条件。考虑到每立方米大孔轻骨料混凝土的水泥用量一般都在 $150\sim 250\text{kg}$, 变化范围较窄。因此, 可以根据设计的混凝土强度等级, 初步选用一个相应的水泥用量。

A.3.4 大孔轻骨料混凝土与普通混凝土的稠度指标不同, 采用浇注成型时, 用水量是以水泥浆能均匀粘附在骨料表面并呈油状光泽而不流淌为度, 因此, 是以达到这种状态来确定水灰比(用水量)的。经验说明, 净水灰比变化范围为 $0.30\sim 0.42$, 可在此范围内选用。

A.3.5 制作小砌块时, 采用振动加压成型。根据实践经验, 用水量应以模底不淌浆和坯体不变形为准。

A.3.6 与其他混凝土配合比设计要求相同, 应进行试配和调整。

为起提示作用, 给出应用实例, 其中的配合比仅供参考。

A.3.7 规定了测定大孔轻骨料混凝土力学性能的试验方法。

A.4 施工工艺

A.4.1 本条规定了计量方法。

A.4.2 强制式搅拌机不粘盘, 搅拌均匀。

A.4.3 本条规定了大孔轻骨料混凝土搅拌工艺, 包括投料顺序、搅拌时间和拌和物状态等。

A.4.4 现场浇注要靠拌和物自重压实, 用捣棒轻插边角处, 不得采用机械振捣, 避免过于密实, 影响有关性能。

附表 A.3.6-1

现浇大孔轻骨料混凝土应用实例

混凝土强度等级	混凝土密度等级	轻粗骨料			混凝土原材料用量			净水胶比	大孔轻骨料混凝土			
		产地	品种	密度等级	粒径 (mm)	水泥 (kg)	粉煤灰 (kg)		粗骨料 (kg)	干表观密度 (kg/m^3)	抗压强度 (MPa)	弹性模量 (10^3MPa)
LC5	1000	天津	粉煤灰陶粒	700	5~10	150 32.5级	—	730	0.34	1000	6.0	6.4
LC5	1100	陕西	粉煤灰陶粒	900	5~16	150 32.5级	37.5	948	0.30	1066	6.1	8.7
LC10	1200	陕西	粉煤灰陶粒	900	5~16	200 32.5级	100	948	0.36	1200	10.7	8.9
LC7.5	1200	上海	粉煤灰陶粒	800	5~10	186 42.5级	—	837	0.45	1180	7.8	8.9
LC5	1100	上海	粉煤灰陶粒	800	5~10	186 32.5级	—	837	0.45	1080	5.7	8.7
LC5	1100	上海	粘土陶粒	800	5~16	200 32.5级	—	800	0.37	1150	5.8	9.0
LC7.5	1200	上海	粘土陶粒	800	5~16	231 42.5级	—	838	0.33	1200	8.3	11.4

附表 A.3.6-2

大孔轻骨料混凝土小型空心砌块应用实例

砌块强度等级	砌块密度等级	轻粗骨料			混凝土原材料用量			净水胶比	小型空心砌块		
		产地	品种	密度等级	粒径 (mm)	32.5级水泥 (kg)	粉煤灰 (kg)		粗骨料 (kg)	干表观密度 (kg/m^3)	抗压强度 (MPa)
1.5	600	黑龙江	页岩陶粒	500	5~16	246	62	489	0.43	518	1.6
1.5	600	黑龙江	页岩陶粒	600	5~16	238	60	600	0.38	590	2.0
2.5	700	黑龙江	页岩陶粒	700	5~16	231	58	720	0.33	650	2.8

注: 1. 小砌块的规格尺寸 $390\text{mm}\times 290\text{mm}\times 190\text{mm}$;

2. 小砌块空心率 35%;

3. 允许用煤渣取代部分页岩陶粒, 但其取代量应通过试验确定, 且不宜超过 30%。

A.4.5 因现场浇注不得采用机械振捣，故构筑物较高大时，应分层和多点浇注，保证匀质性。

A.4.6 砌块生产与现场浇注不同，应采用振动加压成型。

A.4.7 大孔径骨料混凝土的孔隙多、孔大、内表面积大，因此要注意早期保湿养护。

附录 B 泵送轻骨料混凝土

20 世纪 90 年代，我国商品混凝土得到迅猛发展，泵送混凝土的技术水平有了很大提高；同时，泵送轻骨料混凝土也在我国得到应用，并取得了较好的技术经济效益。为了进一步推广泵送轻骨料混凝土在建筑工程中的应用，充分发挥其优越性，保证工程质量，特编制本附录。

B.1 一般规定

B.1.1 全轻混凝土一般因空隙太大，含水率高，泵送时易产生严重离析。根据国内外经验，除个别采用高密度等级作轻砂外，泵送施工时一般都是采用砂轻混凝土。

B.1.2 因为轻骨料孔隙率和吸水率比普通骨料大，所以，轻骨料混凝土的泵送比普通混凝土困难得多。在泵送压力下，轻骨料会急剧吸收拌和物中的水分，使泵送管道内的拌和物坍落度明显下降，和易性变差，影响泵送，甚至发生堵泵现象。当压力消失后，轻骨料内部吸收的水分又会释放出来，影响轻骨料混凝土的凝结和硬化后的性能。为解决这些问题，在轻骨料混凝土泵送工艺中规定了轻粗骨料在泵送前要预湿处理。

条文中只推荐了一种预湿方法。工程说明这种方法较方便，也较实用。在有条件时，也可采用真空法、压力法等。

B.2 原材料

B.2.1 规定了泵送轻骨料混凝土所用水泥应符合本规程第 3.1.1 条的要求。

B.2.2 密度等级太低的轻骨料混凝土拌和物易产生离析，因此不宜泵送。根据工程调研，轻粗骨料一般不低于 600 级。为防止

泵送施工中的离析、轻骨料上浮等现象，当轻骨料混凝土密度较小时，轻骨料公称最大粒径不宜大于16mm。轻粗骨料的颗粒系数会影响拌和物的泵送性能，若颗粒系数太大，易造成堵泵现象，因此，控制颗粒系数以2.0为宜。

B.2.3 为保证泵送轻骨料混凝土拌和物的质量，规定了宜用的轻粗骨料颗粒级配和颗粒系数。

B.2.4 砂的质量对泵送性能也有较大的影响。宜使用中砂，且较细部分（0.315mm通过量）应占有一定比例，否则影响拌和物的和易性。

B.3 配合比设计

B.3.1 本条提出了泵送轻骨料混凝土的技术要求。

B.3.2 混凝土含气量太大会降低泵送效率，严重时会引起堵泵现象，参照有关规程，轻骨料混凝土的含气量不宜大于5%。

B.3.3 本条规定了试配时泵送轻骨料混凝土坍落度的计算方法。

B.3.4 本条规定了泵送轻骨料混凝土的最小水泥用量。

B.3.5 泵送混凝土的砂率应比非泵送的高，体积砂率宜为40%~50%。

为提高拌和物的和易性，可掺加外加剂和矿物掺和料。由于其品种较多，因此，除应符合现行有关标准要求外，还要通过试验确定品种和用量。

B.3.6 本条规定了泵送轻骨料混凝土配合比设计、试验和调整方法。指明与普通混凝土不同的是，其轻粗骨料的吸水率应按24h取用。

B.4 施工工艺

B.4.1 泵送轻骨料混凝土施工工艺及其设备除应符合本规程外，尚应符合《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T10的相关要求。

B.4.2 本条规定了轻骨料预湿后的注意事项，以保证搅拌时混凝土拌和用水量的严格控制。

B.4.3 本条规定了泵送轻骨料混凝土搅拌时的投料顺序和搅拌时间的要求。

B.4.4 为减少泵送阻力，除在泵型方面应有所选择外，还应尽量选用钢管，少用胶管，减少弯管数量。此外，浇注速度也应适当放慢。

泵送混凝土用轻骨料的粒径变化较小，对输送管道的管径大小影响不大。根据国外的经验，一般不宜小于125mm。

B.5 质量控制与验收

B.5.1 本条规定了泵送轻骨料混凝土施工时质量的控制、检验与验收的要求。

B.5.2 本条规定了对泵送轻骨料混凝土各项性能指标的试验方法应按本规程第7章的要求进行。