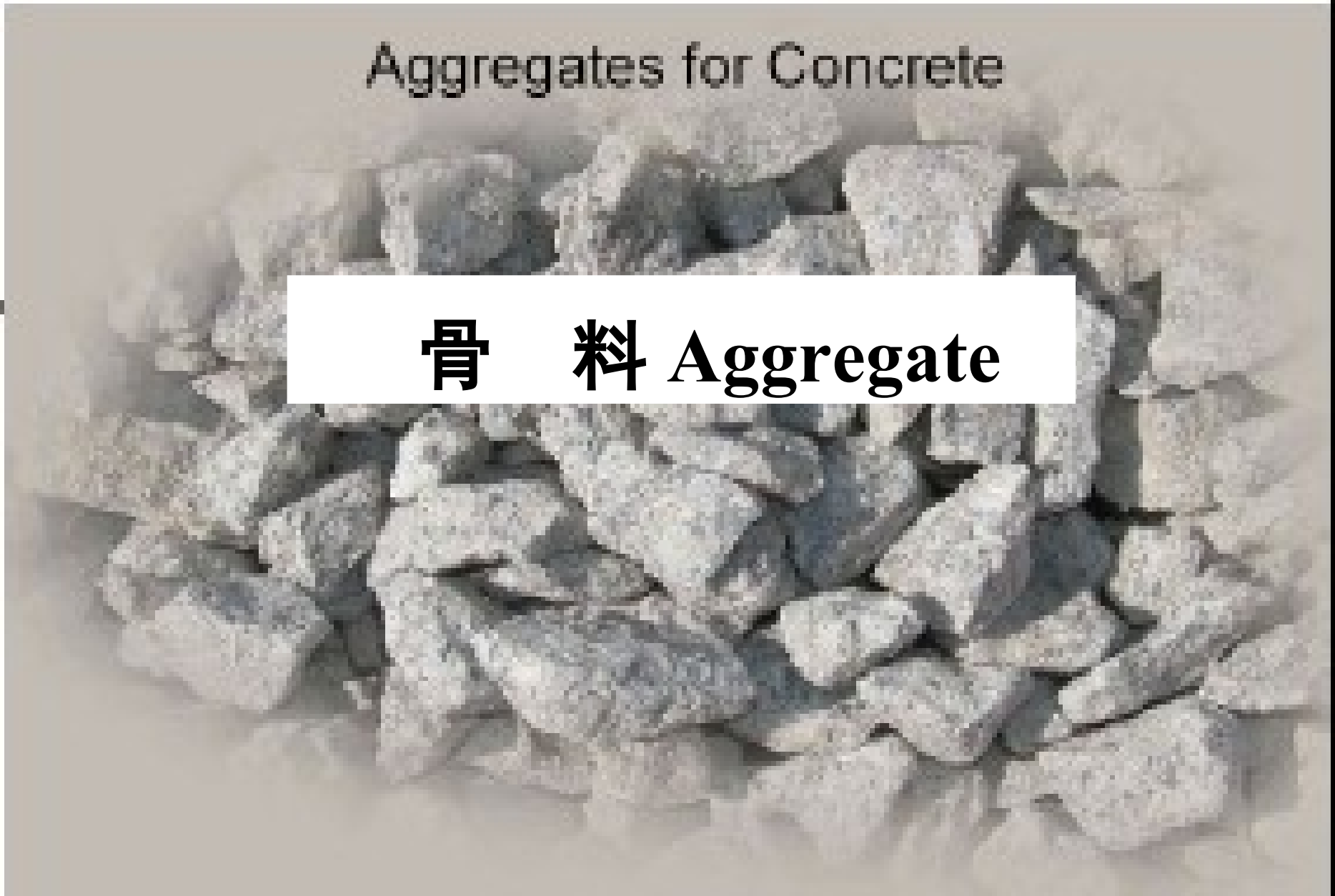


Aggregates for Concrete

骨 料 Aggregate



混凝土中的骨料

经济上：在不影响混凝土性能的条件下，在混凝土中尽可能多地加入骨料，以降低混凝土的成本；
骨料可提供混凝土很好的稳定性和比水泥石更好的耐久性。

混凝土中骨料的基本要求

具有**良好的颗粒级配**，使堆积空隙率小，颗粒总比表面积较小，以减少水泥浆用量；

骨料颗粒**表面干净**，以保证与水泥浆有良好的粘结力；

含**有害杂质少**，不得含有影响水泥凝结硬化和后期混凝土耐久性的成分；

具有**足够的强度和坚固性**，以保证起到骨架和传力作用。

骨料的种类

按照骨料粒径

- **粗骨料**：粒径大于 4.75mm 的岩石颗粒，如卵石、碎石
- **细骨料**：粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒，如河砂、山砂、海砂



碎 石

卵 石

按照骨料的密度

➤普通骨料:

堆积密度 $1520 \sim 1680 \text{kg/m}^3$
的骨料

密度在 $2500 \sim 2700 \text{kg/m}^3$

➤轻骨料:

堆积密度 $< 1120 \text{kg/m}^3$ 的
骨料

密度在 $\sim 1000 \text{kg/m}^3$

➤重骨料:

堆积密度 $> 2080 \text{kg/m}^3$ 的
骨料

密度在 $3500 \sim 4000 \text{kg/m}^3$



细骨料

一、细骨料的种类及特性

天然砂：河砂、山砂、海砂

人工砂

河砂：表面洁净、光滑、比表面积小，拌制的混凝土的和易性好。

山砂：颗粒多具棱角，表面粗糙，砂中含泥量及有机杂质较多。

海砂：对混凝土会产生腐蚀。

砂按技术要求分为 **I 类**、**II 类**、**III 类**

I 类宜用于强度等级大于 C60 的混凝土；
II 类宜用于强度等级 C30 ~ C60 及抗冻、
抗渗或其他要求的混凝土；
III 类宜用于强度等级小于 C30 的混凝土和
建筑砂浆。

二、细骨料的质量要求

1 含泥量、石粉含量和泥块含量

含泥量是指天然砂中粒径小于 $75\mu\text{m}$ 的颗粒含量；

石粉含量是指人工砂中粒径小于 $75\mu\text{m}$ 的颗粒含量；

泥块含量是指砂中原粒径大于 1.18mm ，经水浸洗、手捏后小于 $600\mu\text{m}$ 的颗粒含量。

项目	指标		
	I 类	II 类	III 类
含泥量（按质量计）（%）	≤ 1.0	≤ 3.0	≤ 5.0
泥块含量（按质量计）（%）	0	≤ 1.0	≤ 2.0

2. 有害杂质

项目	指标		
	I 类	II 类	III 类
云母 (质量)(%, 小于)	1.0	2.0	2.0
轻物质 (质量)(%, 小于)	1.0	1.0	1.0
有机物 (比色法)	合格	合格	合格
硫化物及硫酸盐 (SO_3 质量 %)	0.5	0.5	0.5
氯化物 (Cl^- 质量)(%, 小于)	0.01	0.02	0.06

3. 碱活性骨料反应

(1) 定义

当水泥或混凝土中含有较多的强碱 (Na_2O K_2O) 物质时, 可能与含有活性二氧化硅的骨料反应, 这种反应称为碱 - 骨料反应。

(2) 结果

导致混凝土内部产生局部体积膨胀, 甚至使混凝土结构产生膨胀性破坏。

(3) 措施

碱活性检验; 使用低碱水泥, 碱含量 $< 0.6\%$; 掺入粉煤灰, 避免碱骨料反应, 节约水泥



4. 砂的坚固性

(1) 天然砂

天然砂的坚固性是将试样在饱和硫酸钠溶液经 5 次浸渍后，检验其质量损失，以此判定砂的坚固性。

坚固性指标 (GB/T 14684-2001)

项目	指标		
	I 类	II 类	III 类
质量损失 (% ， 小于)	8	8	10

(2) 人工砂

人工砂采用压碎指标试验法进行检测。

各粒级试样质量损失百分率 P_i

$$P_i = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100\%$$

式中： P_i ——各粒级试样质量损失百分率（%）；

G_1 ——各粒级试样试验前的质量（g）；

G_2 ——各粒级试样试验后的筛余量（g）。

压碎指标 (GB/T 14684-2001)

项目	指标		
	I 类	II 类	III 类
单级最大压碎指标（%， <)	20	25	30

三、砂的粗细程度和颗粒级配

1. 粗细程度

不同的砂粒混合在一起的**平均粗细程度**。

2. 颗粒级配

不同粒径的颗粒互相**搭配及组合**的情况。

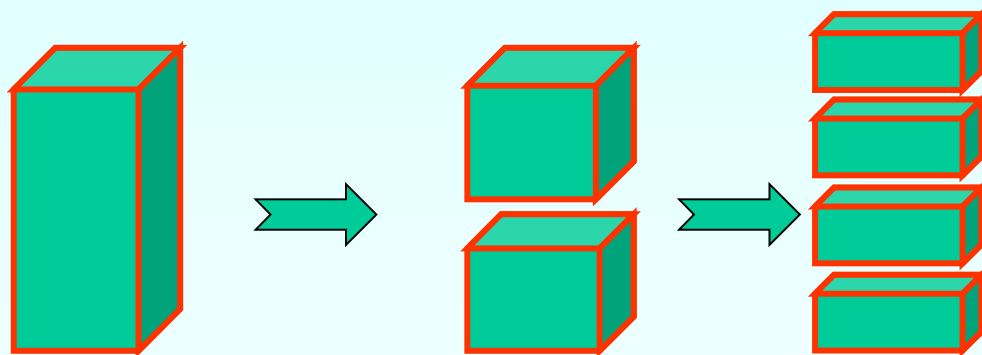
砂的粗细程度及颗粒级配

(1) 粗细程度

➤ 定义：

不同粒径的砂粒，混合在一起后的平均粗细程度。

➤ 讨论与分析



结论

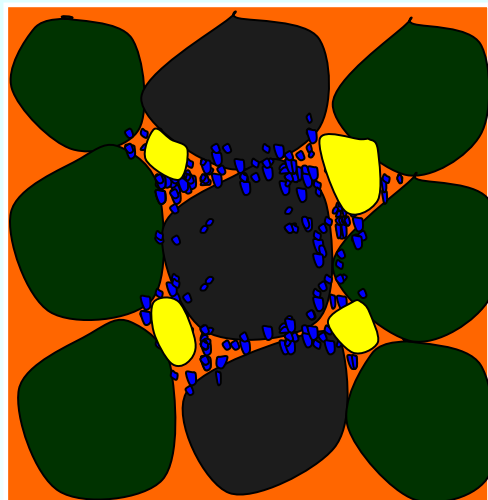
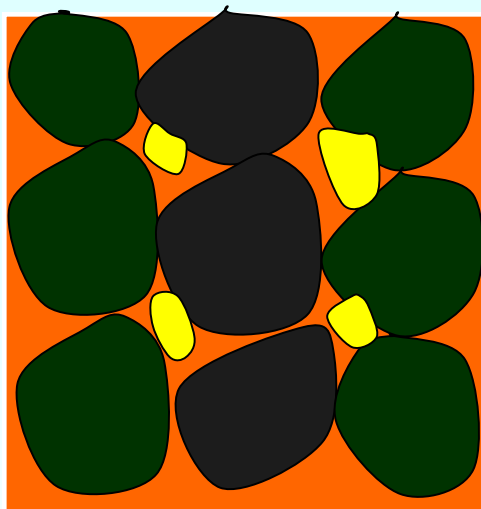
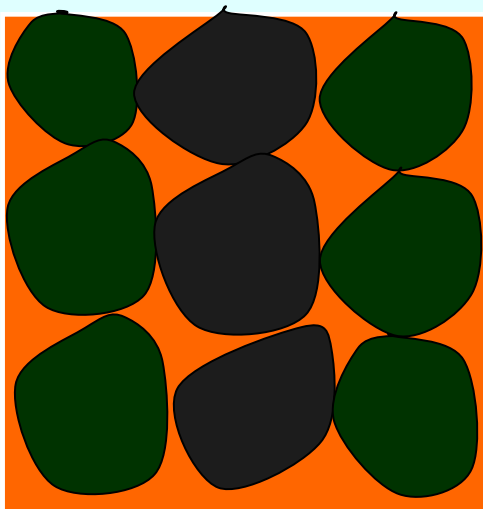
在砂用量相同的条件下，粗颗粒表面积小，细颗粒表面积大。包裹颗粒用的水泥浆多少就会有所差别。

砂的粗细程度及颗粒级配

(2) 颗粒级配

➤ **定义：** 是指粒径不同的砂粒互相搭配的情况。

➤ **讨论与分析**



结论

颗粒级配不良，空隙率较大，则需较多的水泥浆填充；颗粒级配良好，空隙率较小，需较少的水泥浆填充。

砂的粗细程度及颗粒级配

综上所述：在拌制混凝土时，砂的粗细程度和颗粒级配应同时考虑的问题。当砂中含有较多的粗颗粒，以适当的中颗粒及少量的细颗粒填充，则既有较小的空隙率又具有较小的总表面积，不仅水泥用量少，而且可提高混凝土的密实度与强度。



标准筛



(3) 筛分析试验——评定砂的颗粒级配和粗细程度

✚ **主要仪器：**

**标准套筛、
摇筛机、
天平。**



砂的粗细程度及颗粒级配

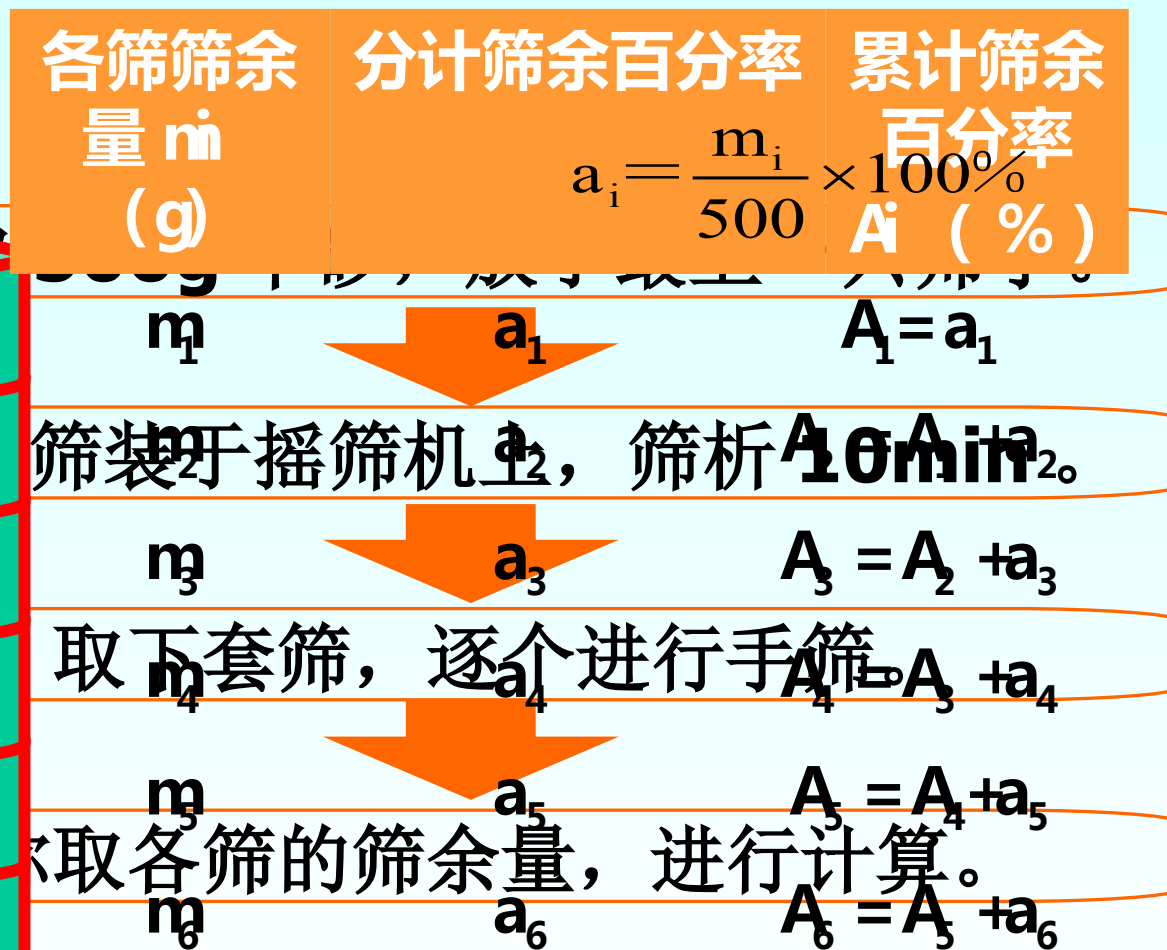
(3) 筛分析试验——评定砂的颗粒级配和粗细程度

✚ **主要仪器：**

标准套筛、
摇筛机、
天平。



试验步骤：



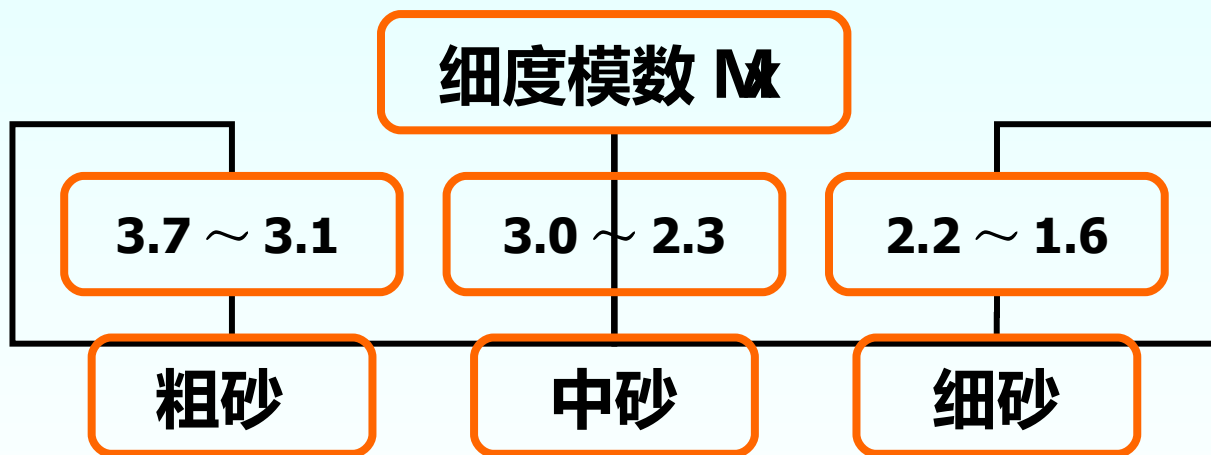
粗细程度的评定：

计算细度模数

$$M_x = \frac{(A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6) - 5A_1}{100 - A_1}$$

注意：A 在计算时不带%。

评定标准：



颗粒级配的评定：

方法一：用级配区评定；

方法二：用级配曲线评定。

方法一：用级配区评定

表 4-5 建筑用砂的颗粒级配 (GB/T 14684-2001)

筛孔尺寸	1 区	2 区	3 区
	累计筛余百分率 (%)		
9.50mm	0	0	0
4.75mm	10~0	10~0	10~0
2.36mm	35~5	25~0	15~0
1.18mm	65~35	50~10	25~0
600μm	85~71	70~41	40~16
300μm	95~80	92~70	85~55
150μm	100~90	100~90	100~90

评定标准：

当砂的累计筛余均处于表中的任何一个级配区中，则颗粒级配合格，否则级配不合格。

注意： 1) 砂的实际颗粒级配与表中所列数字相比，除 4.75mm 和 600μm 筛档外，可以略有超出，但超出总量应小于 5%。

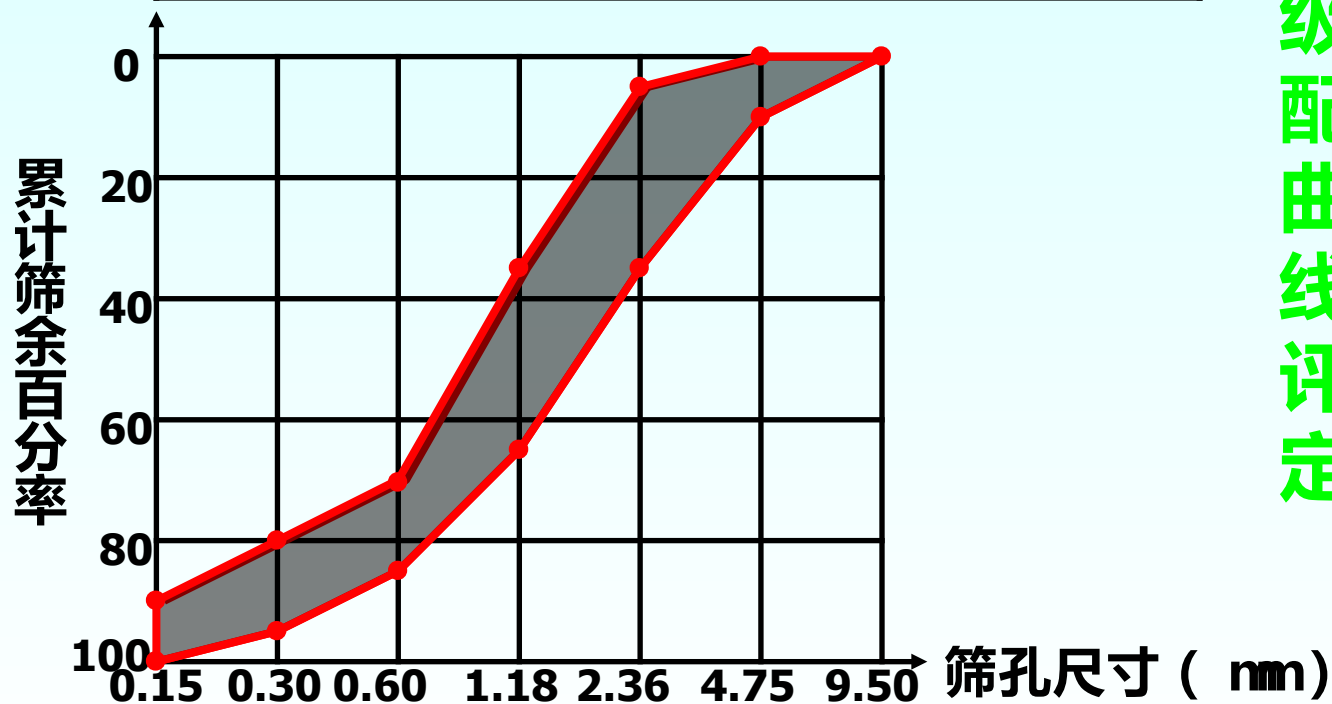
- 2) 1 区人工砂中 150μm 筛孔的累计筛余可以放宽到 100 ~ 85，
2 区人工砂中 150μm 筛孔的累计筛余可以放宽到 100 ~ 80，
3 区人工砂中 150μm 筛孔的累计筛余可以放宽到 100 ~ 75。

筛孔尺寸	1 区	2 区	3 区
	累计筛余百分率 (%)		
9. 50mm	0	0	0
4. 75mm	10~0	10~0	10~0
2. 36mm	35~5	25~0	15~0
1. 18mm	65~35	50~10	25~0
600μ m	85~71	70~41	40~16
300μ m	95~80	92~70	85~55
150μ m	100~90	100~90	100~90

例题：某砂的累计筛余百分率见下表，试评定砂的颗粒级配。

筛孔尺寸	4. 75mm	2. 36mm	1. 18mm	600μ m	300μ m	150μ m
累计筛余 (%)	5. 5	13. 9	23. 3	61. 6	82. 1	98. 5

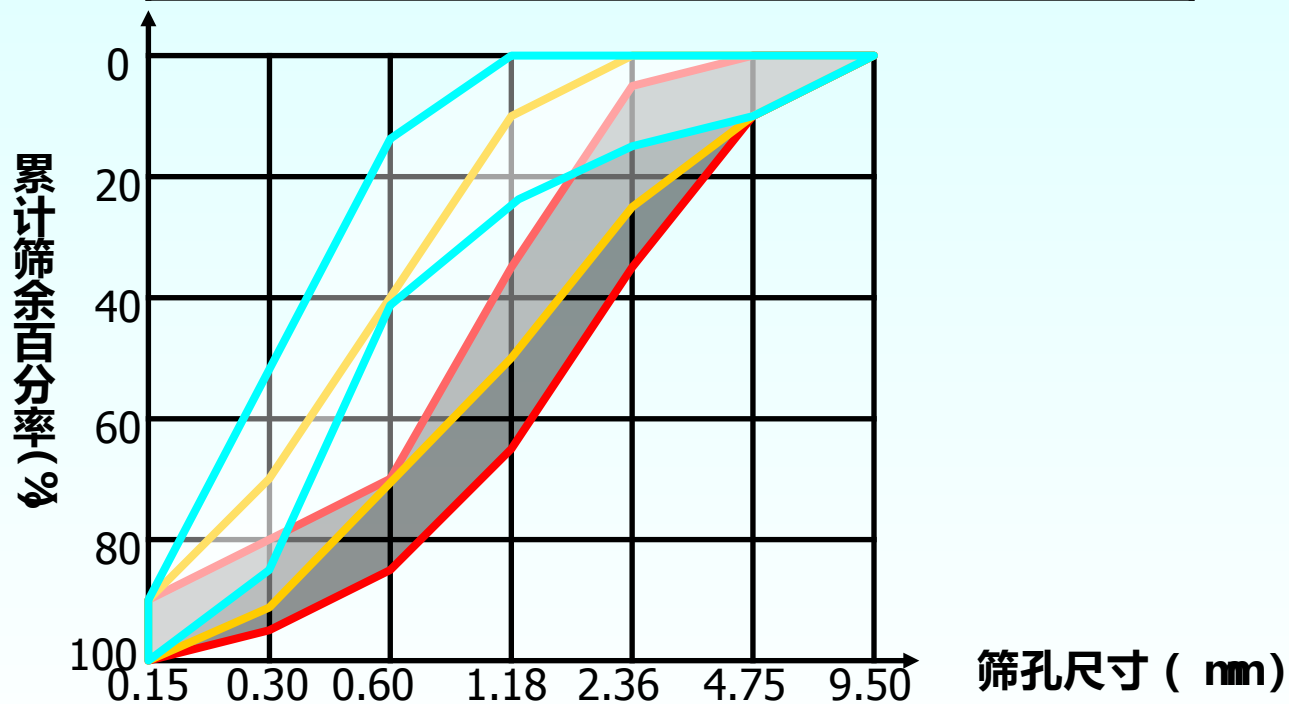
筛孔尺寸	1区	2区	3区
	累计筛余百分率 (%)		
9.50mm	0	0	0
4.75mm	10~0	10~0	10~0
2.36mm	35~5	25~0	15~0
1.18mm	65~35	50~10	25~0
600μm	85~71	70~41	40~16
300μm	95~80	92~70	85~55
150μm	100~90	100~90	100~90



级配曲线

方法二 用级配曲线评定

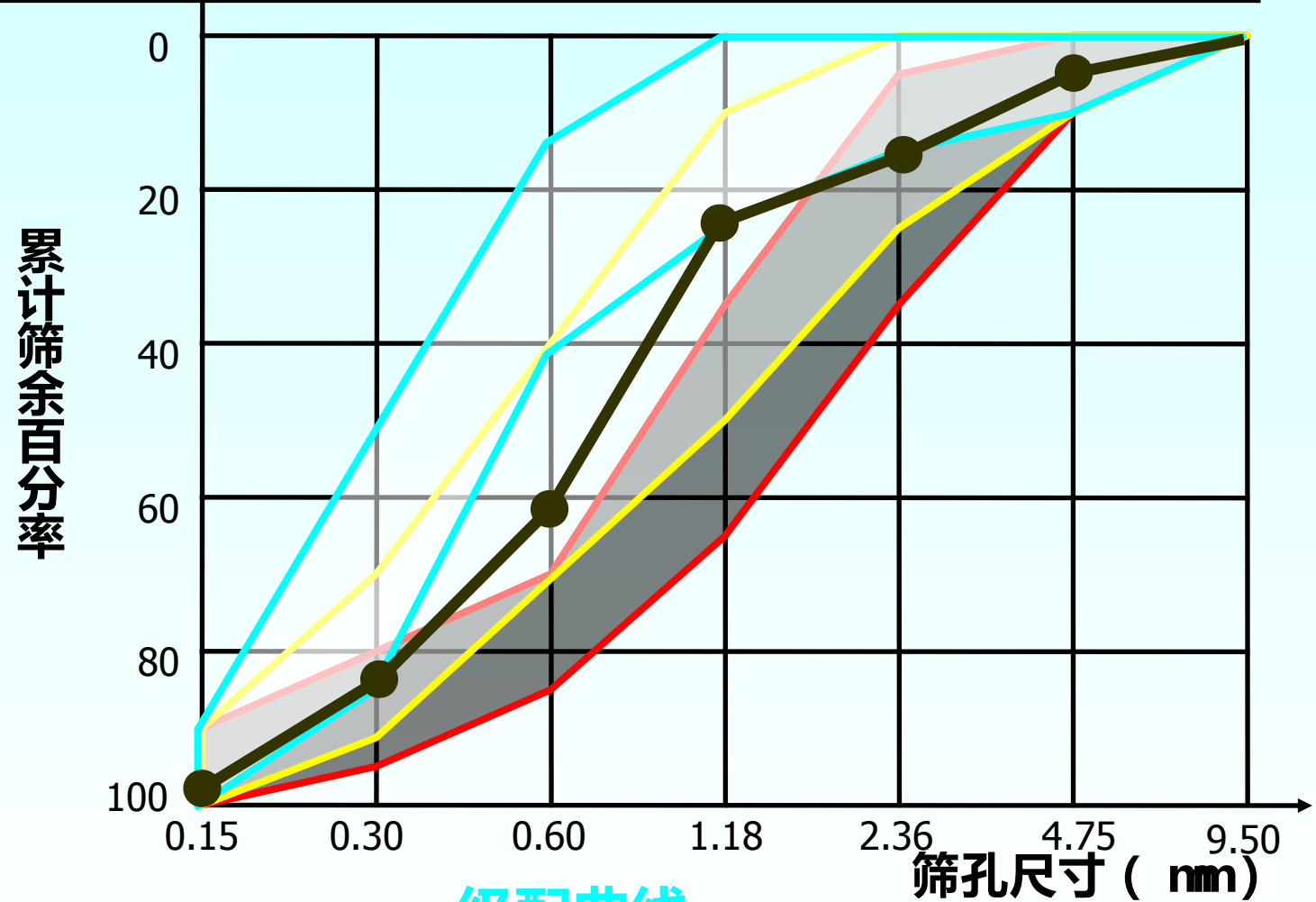
筛孔尺寸	1区	2区	3区
	累计筛余百分率 (%)		
9. 50mm	0	0	0
4. 75mm	10~0	10~0	10~0
2. 36mm	35~5	25~0	15~0
1. 18mm	65~35	50~10	25~0
600μ m	85~71	70~41	40~16
300μ m	95~80	92~70	85~55
150μ m	100~90	100~90	100~90



级配曲线

例题：某砂的累计筛余百分率见下表，试评定砂的颗粒级配。

筛孔尺寸	4. 75	2. 36	1. 18	0. 6	0. 3	0. 15
累计筛余%	5. 5	13. 9	23. 3	61. 6	82. 1	98. 5



粗骨料

一、粗骨料的种类及特性

1. 粗骨料的种类

碎石：天然岩石或卵石经破碎，表面粗糙、有棱角，与水泥浆粘结牢固，拌制的混凝土强度较高。

卵石：天然岩石经自然风化、搬运、堆积形成，表面洁净、光滑、比表面积小，拌制的混凝土和易性好。

骨料的种类



碎石



卵石

二、粗骨料的质量要求

- 1 . 密度、堆积密度、空隙率
- 2 . 泥和泥块含量
- 3 . 有害杂质：硫酸盐、硫化物等
- 4 . 碱活性骨料
- 5 . 颗粒形状：针状和片状颗粒

三、石子最大粒径和颗粒级配

1. 最大粒径 D_M

公称粒级的上限称为该粒级的最大粒径。

(3) 骨料的形状与表面特征

- 骨料的形状

骨料颗粒的外观几何形状，对于粗骨料有：

- 等径颗粒

- ✓ 球形体颗粒：没有菱角和边；

- ✓ 多面体颗粒：有菱角和边。

- 针状颗粒— 长度大于颗粒所属的平均粒径的 2.4 倍；

- 片状颗粒— 厚度小于平均粒径的 0.4 倍。

- 骨料的表面特征

- 表面粗糙程度；

- 是否有菱角；

- 干净程度等。

球状

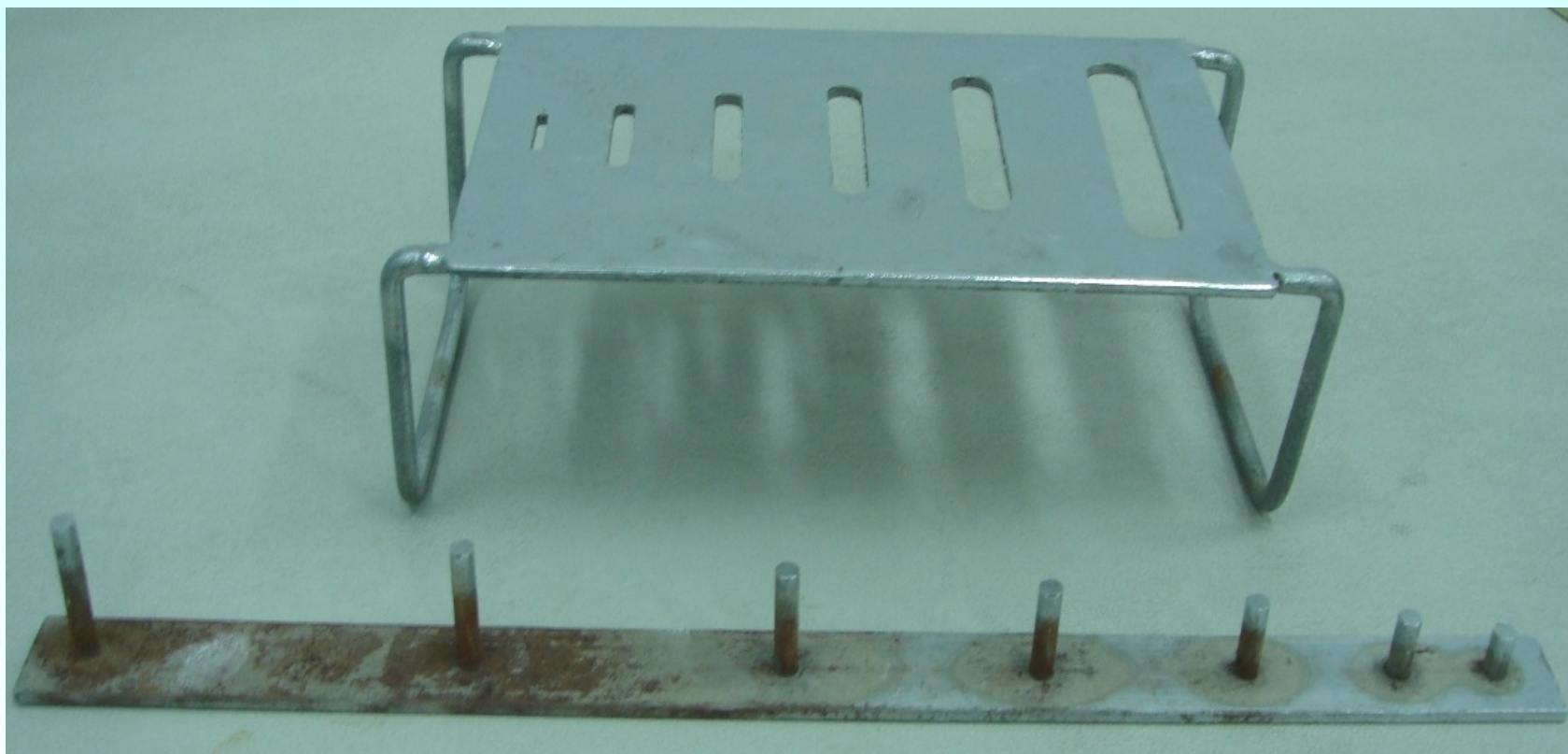


针片状

球状

2000.1.24

针状规准仪与片状规准仪



最大粒径规定：

- 1) 不大于结构截面最小尺寸的 $1/4$
- 2) 不大于钢筋间最小净距的 $3/4$ 。
- 3) 混凝土实心板，不宜超过板厚的 $1/3$ ，且不得超过 40mm 。

2. 颗粒级配

孔径为 90.0mm 、 75.0mm 、 63.0mm 、 53.0mm 、 37.5mm 、 31.5mm 、 26.5mm 、 19.0mm 、 16.0mm 、 9.5mm 、 4.75mm 、 2.36mm 等十二个方孔筛。

级配	公称粒级	累计筛分 /%											
		筛孔尺寸（园孔筛） / mm											
		2.36	4.75	9.5	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5	53.0	63.0	75.0	90.0
连续粒级	5~10	95~100	90~100	0~5	0								
	5~16	95~100	90~100	30~60	0~10	0							
	5~20	95~100	90~100	40~70		0~10	0						
	5~25	95~100	90~100		30~70		0~5	0					
	5~31.5	95~100	90~100	70~90		15~45		0~5	0				
单粒级	5~40		95~100	75~90		30~65			0~5	0			
	10~20		95~100	85~100		0~15	0						
	16~31.5		95~100		85~100			0~10	0				
	20~40			95~100		80~100			0~10	0			
	31.5~63				95~100			75~100	45~75		0~10	0	
	40~80					95~100			70~100		30~60	0~10	0

颗粒级配分为：连续级配和间断级配。

四、石子的强度

1．立方体抗压强度

边长为 50mm 的立方体试件，在水中浸泡 48 小时饱和状态下，测其抗压强度。

2．压碎指标

1) 气干状态 9.5 ~ 19.0mm 的石子除去针、片状颗粒

。

2) 加荷速度为 1kN/s，加至 200 kN。

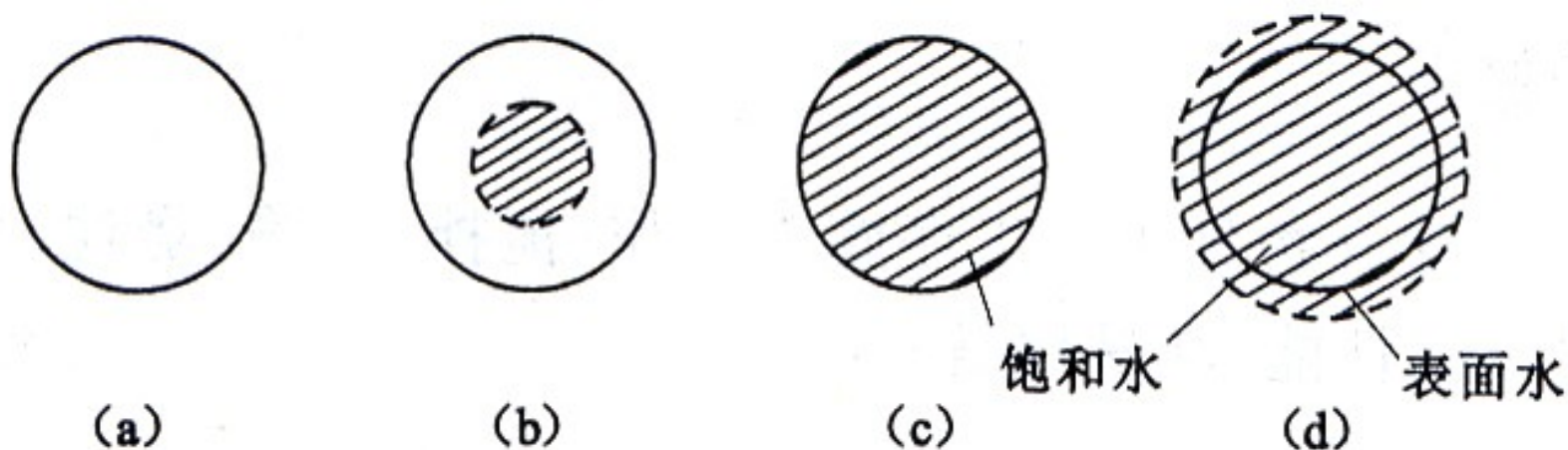
3) 用孔径为 2.36mm 的筛过筛。

$$Q_e = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$$

五、坚固性

用硫酸钠溶液进行浸渍循环，测其质量损失值。

六、骨料的含水状态



(a) 干燥状态; (b) 气干状态; (c) 饱和面干状态; (d) 湿润状态

轻骨料

一、轻骨料的种类

1. 按粒径分类

轻粗骨料和轻细骨料

2. 按材料来源分类

天然轻骨料：如浮石、火山渣等

工业废料轻骨料：如粉煤灰陶粒、膨胀矿渣等

人造轻骨料：如膨胀珍珠岩、页岩陶粒、粘土陶粒

等



普通骨料



轻骨料



重骨料

骨料的分类

3. 按用途分类

结构和非结构混凝土用轻骨料

二、轻骨料的技术性质

1. 堆积密度

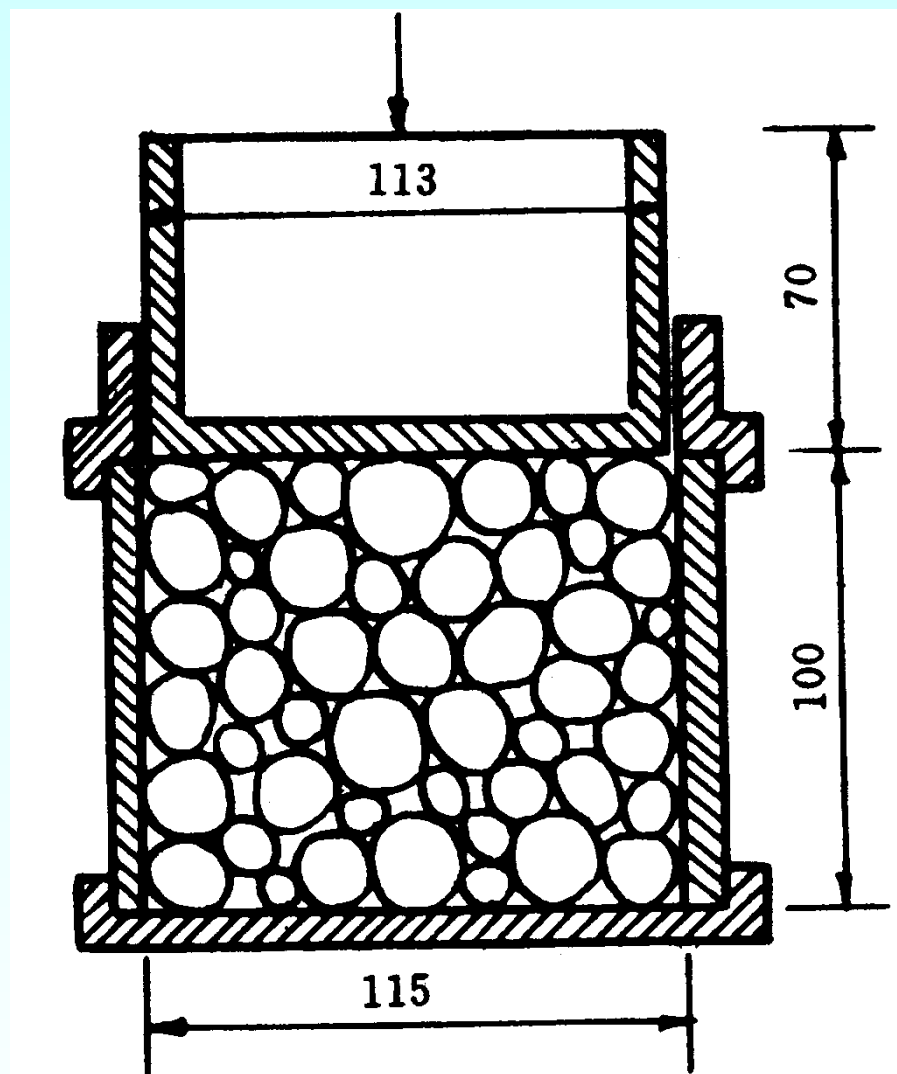
轻粗骨料按堆积密度划分为：300、400、500、600、700、800、900、1000 八个等级。

轻细骨料的堆积密度分为

500、600、700、800、900、1000、1100、1200 八个等级。

2. 强度

采用“筒压法”。
将轻骨料装入圆筒内，上面加上冲压模，取冲压模压入深度为 20 mm 时的压力值，除以承压面积，即为轻骨料的筒压强度值。



3. 有害物质含量

严禁混入煅烧过的石灰石、白云石和硫化铁等不稳定的物质。

4. 吸水率

轻集料为多孔结构，在混凝土配合比设计时，考虑骨料的吸水率，应加“附加用水量”。