

第四章 建筑骨料

第一节 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。

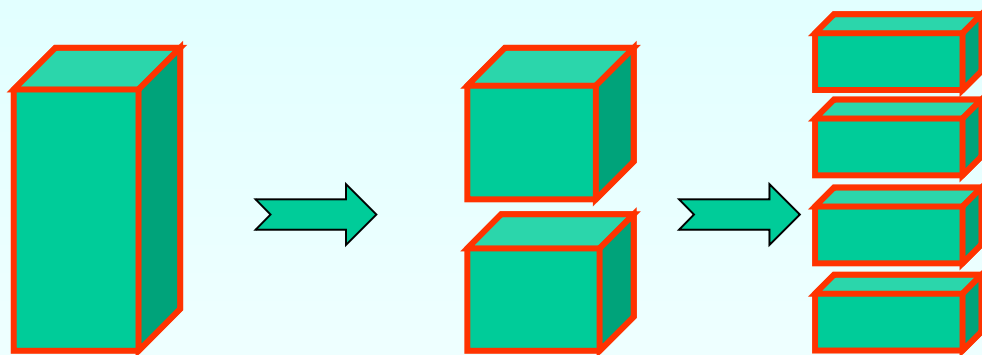
砂的粗细程度及颗粒级配

(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

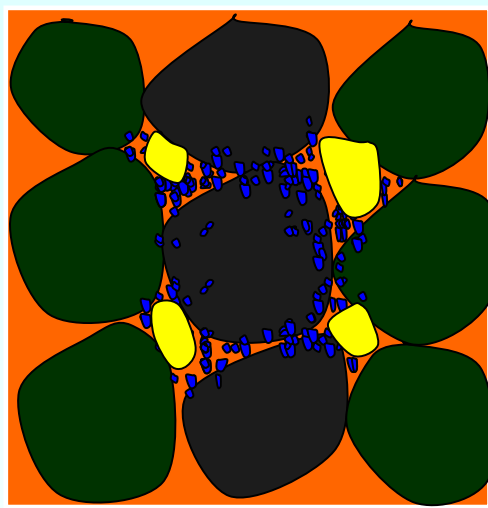
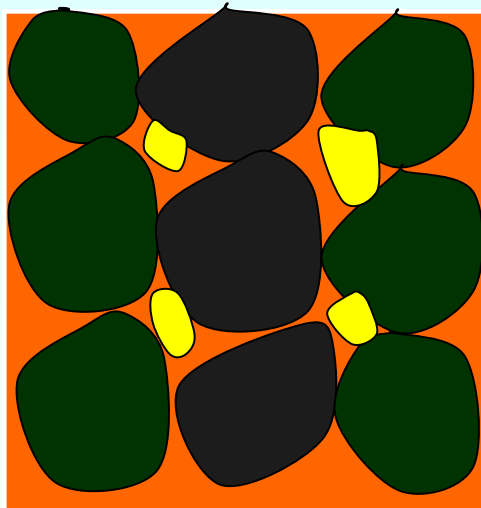
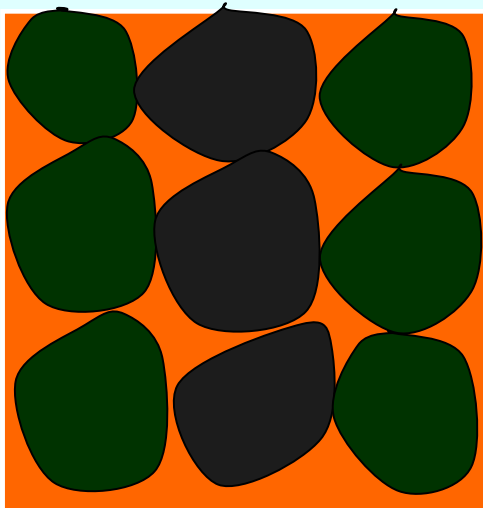
在砂用量相同的条件下，粗颗粒表面积小，细颗粒表面积大。包裹颗粒用的水泥浆多少就会有所差别。

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：



各筛筛余量 m_i (g)	分计筛余百分率 $a_i = \frac{m_i}{500} \times 100\%$	累计筛余百分率 A_i (%)
-----------------	---	----------------------

m_1	a_1	$A_1 = a_1$
-------	-------	-------------

筛装于摇筛机上，筛析10min。

m_2	a_2	$A_2 = A_1 + a_2$
-------	-------	-------------------

m_3	a_3	$A_3 = A_2 + a_3$
-------	-------	-------------------

取下套筛，逐个进行手筛。

m_4	a_4	$A_4 = A_3 + a_4$
-------	-------	-------------------

m_5	a_5	$A_5 = A_4 + a_5$
m_6	a_6	$A_6 = A_5 + a_6$

取各筛的筛余量，进行计算。

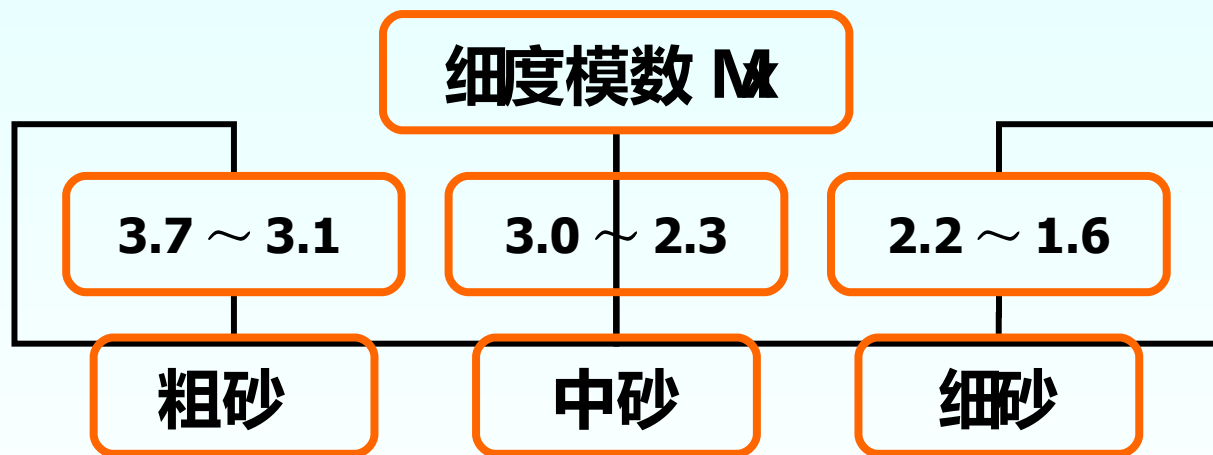
粗细程度的评定：

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%。

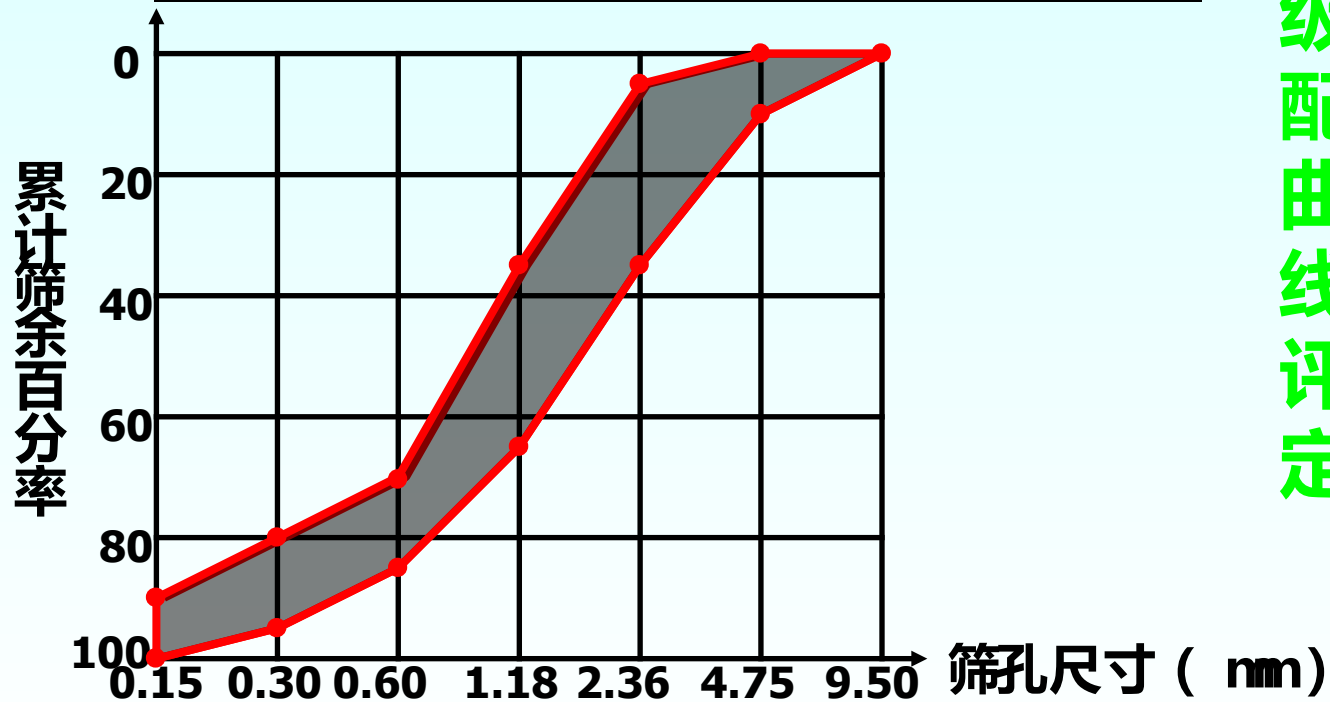
- 2) 1 区人工砂中 150μm 筛孔的累计筛余可以放宽到 100 ~ 85，
2 区人工砂中 150μm 筛孔的累计筛余可以放宽到 100 ~ 80，
3 区人工砂中 150μm 筛孔的累计筛余可以放宽到 100 ~ 75。

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

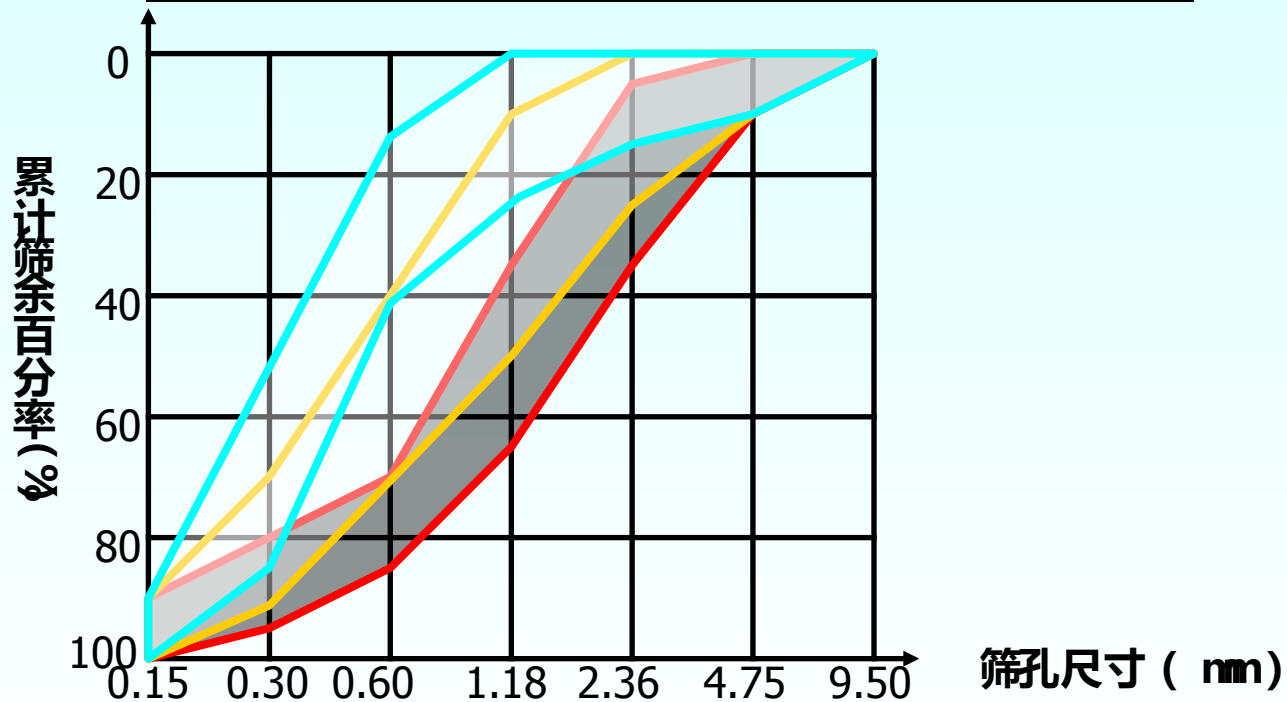
筛孔尺寸	1区	2区	3区
	累计筛余百分率 (%)		
9.50mm	0	0	0
4.75mm	10~0	10~0	10~0
2.36mm	35~5	25~0	15~0
1.18mm	65~35	50~10	25~0
600μm	85~71	70~41	40~16
300μm	95~80	92~70	85~55
150μm	100~90	100~90	100~90



级配曲线

方法二 用级配曲线评定

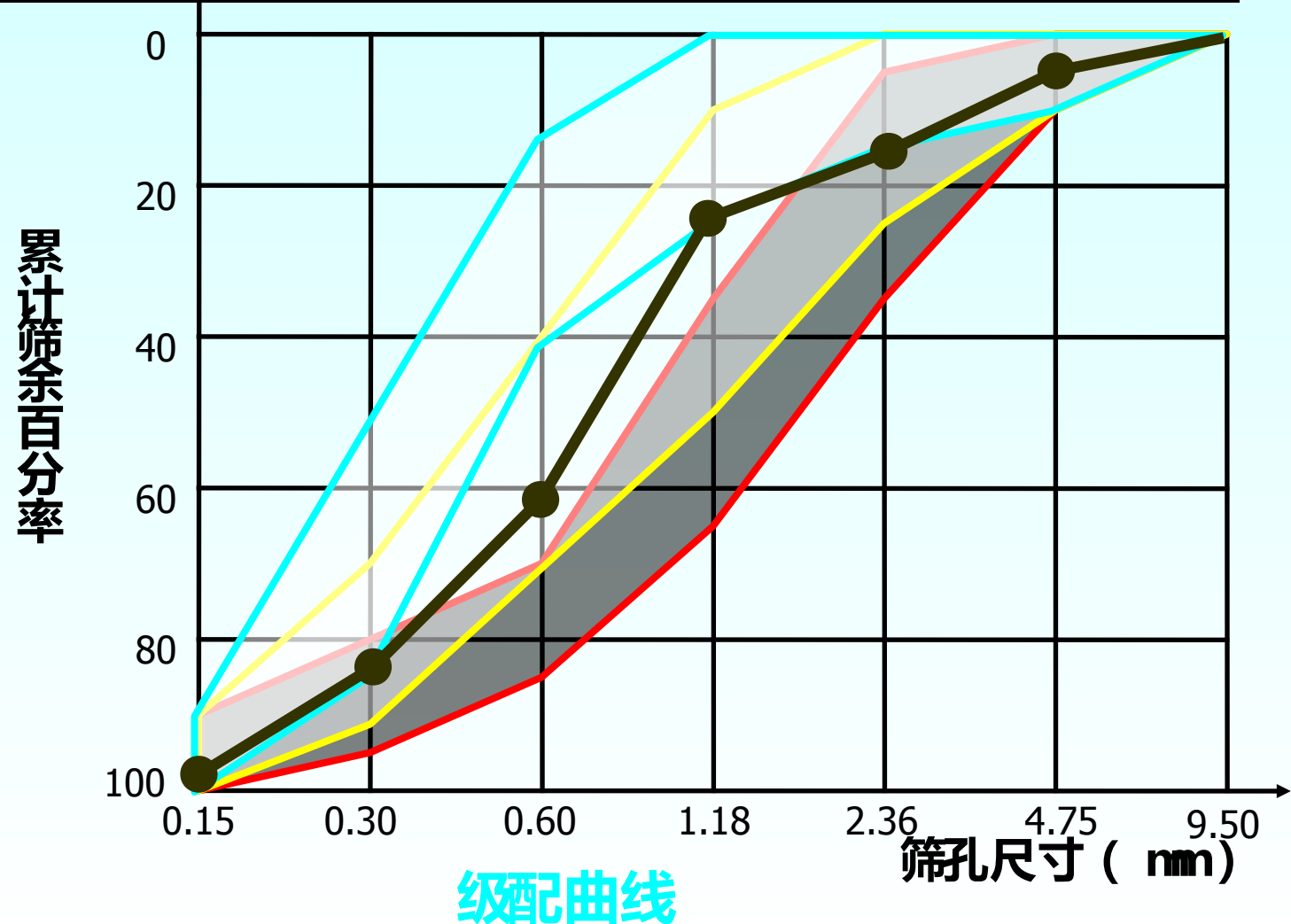
筛孔尺寸	1区	2区	3区
	累计筛余百分率 (%)		
9. 50mm	0	0	0
4. 75mm	10~0	10~0	10~0
2. 36mm	35~5	25~0	15~0
1. 18mm	65~35	50~10	25~0
600μ m	85~71	70~41	40~16
300μ m	95~80	92~70	85~55
150μ m	100~90	100~90	100~90



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



第二节 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

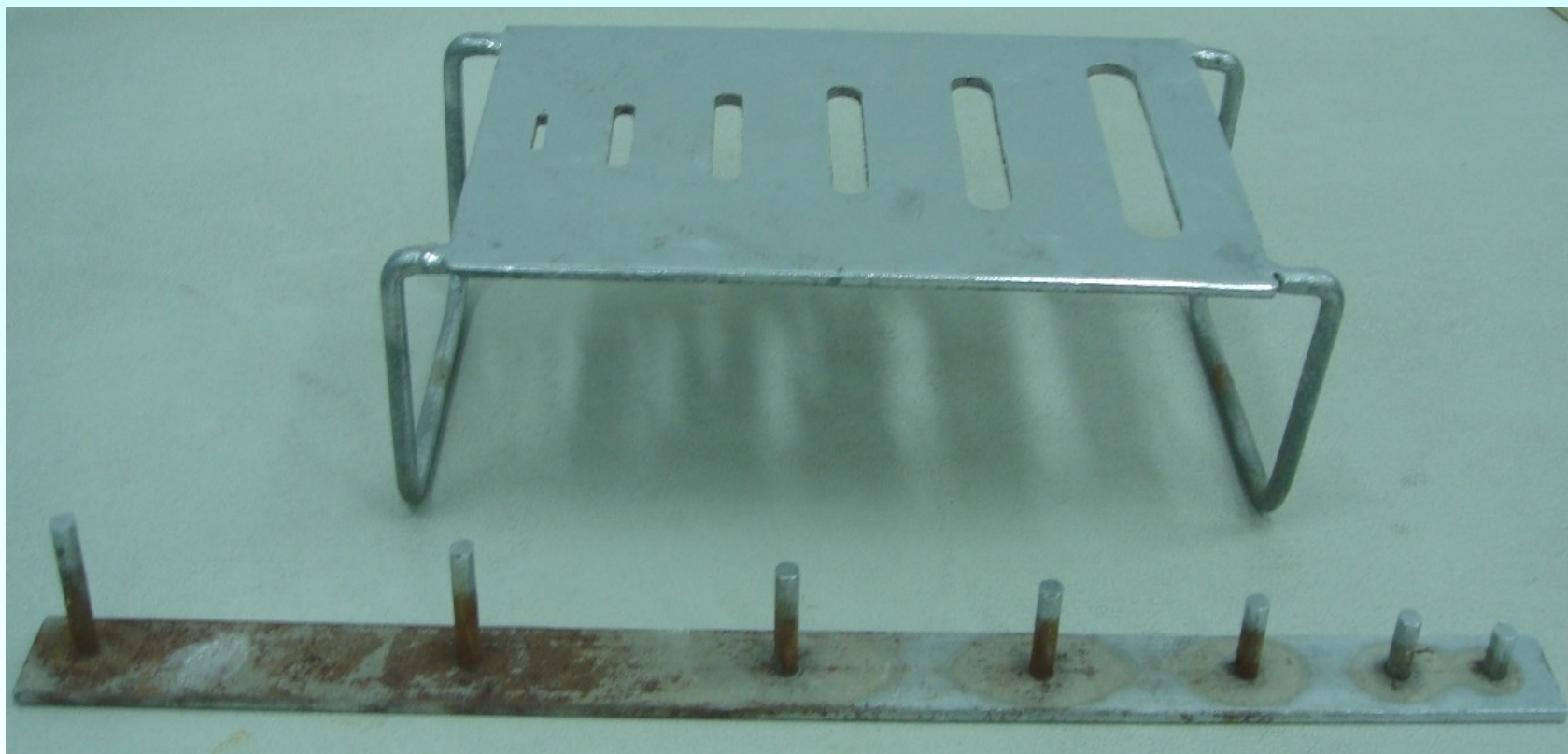


针片状

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。

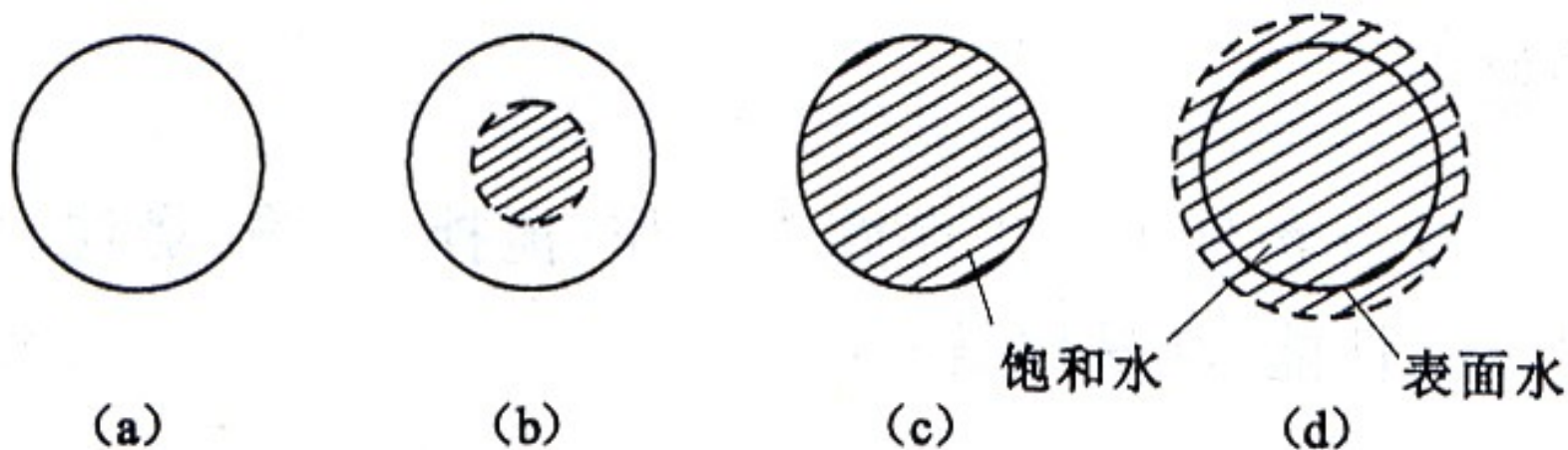
3) 用孔径为 2.36mm 的筛过筛。

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

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

第三节 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

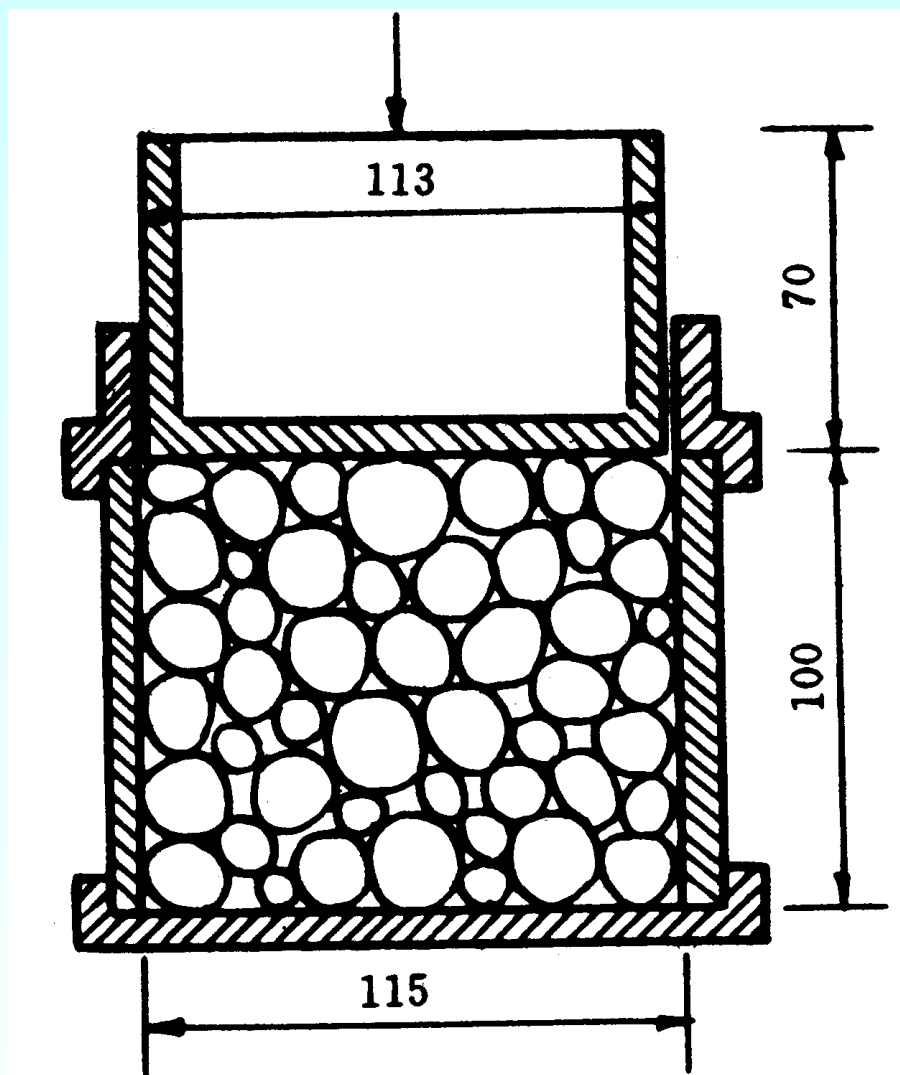
1. 堆积密度

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”。