

污水处理用砂的尺寸分析

判断用砂的有效尺寸和均匀系数

陈峰, 马可人, 俄亥俄州立大学

2015

尺寸分布是砂处理媒介最重要的性质之一。使用太细、太多的砂, 存在薄弱或板状的结构通常会导致砂生物反应器堵塞。对于处理污水来说, 最重要的是砂粒之间的孔隙和砂粒的表面积而不是砂粒本身。微生物生长在砂粒表面, 废水处理通过微生物在有氧条件下的一系列生化反应得以实现。砂尺寸分布的分析是一种直接的对砂这一媒介结构描述的方法。这一方法通常用有效尺寸(D10)和均匀系数(UC)数两个参数来描述。

有效尺寸是指重于 10% (质量分数) 而轻于 90% 的砂子样品所对应的直径。均匀系数通常用来描述砂的尺寸分布, 使你能够清楚了解砂的品质。计算方法为 D_{60}/D_{10} (D_{60} 的计算方法和 D_{10} 类似, 见后文的例子)。这里用如图 1 中的两个典型的例子来描述。上方图片中的砂样品的有效尺寸比下方图片中的大一些, 而均匀系数是 1, 说明砂颗粒之间没有差异。下方的砂样品的有效尺寸小一些, 而均匀系数大于 1, 说明颗粒之间有差异, 数值越大, 颗粒之间的差异越大。

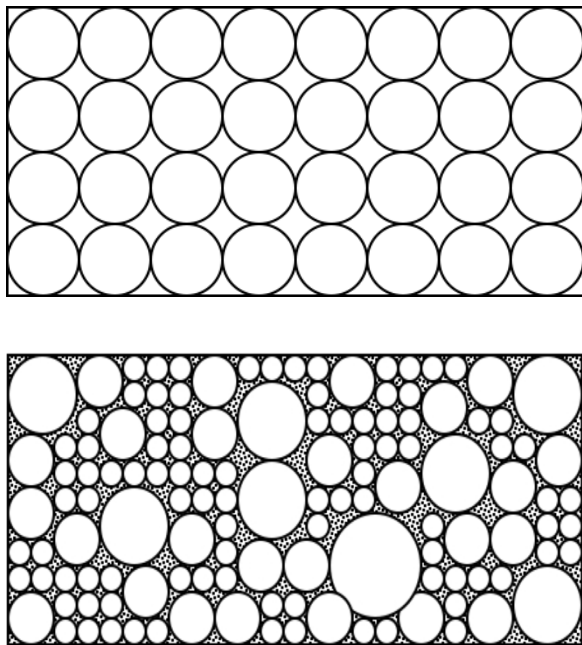


图 1. 有效尺寸和均匀系数

测定砂的有效尺寸和均匀系数：选用一系列的筛子来筛选已经完全干燥的砂，然后称重留在每个筛子上的砂，再将每个筛子上通过砂的百分数和筛孔大小来做图，根据图上的曲线读出 D10 和 D60，再由此得出 UC 的值。

筛砂分析

在筛砂分析中，通过摇晃筛子让砂通过一系列孔径逐渐变小的筛孔。筛砂分析所需要的设备见下：

- 电子天平，精度为 0.1g
- 第 200 号筛子
- 一系列筛子，一个盖子，一个底锅
- 烘箱，温度 $110\pm 5^{\circ}\text{C}$
- 金属锅，每有一个筛需要一个金属锅，除此之外，还需要用一个额外的金属锅来称量样品。
- 机械筛子搅动器(或手动搅拌)

在分析过程中，用金属锅收集砂并称重，这一系列的金属锅必须被清洗干净，做好标记，并且事先称好质量。砂粒样品先烘干然后称重。再用水将砂中的细尘冲刷到 200 号的筛子中。再次烘干洗过的砂之后，通过一系列筛子的筛分来测定尺寸分布。步骤如下：

1. 将所有的金属锅标记并称重，记录质量(空锅质量)。
2. 称取 100g 左右的样品，放在一个金属锅内并置于 105°C - 115°C 的烘箱 2h 后称量样品和锅的总质量(干锅质量)。样品质量=干锅质量-空锅质量。
3. 在锅中加水，摇晃金属锅使水进入 200 号筛。用水将残留在筛子上的颗粒洗到锅中。重复上述过程直至流入 200 号筛子的水澄清为止。将样品置于 105°C - 115°C 的烘箱 2h 后再将干燥后的样品和锅一起称重(洗锅质量)。洗砂质量=洗锅质量-空锅质量。灰尘质量=样品质量-洗砂质量。
4. 从上到下排列筛子，大孔在上，筛孔逐渐减小，盖子在最上方，底锅在最底下。将样品放在最上方的筛子上，盖上盖子。
5. 手动或者使用机械设备充分摇动、振动堆砌的筛子。使砂保持在充分的时间内不停地运动直到在最后一分钟内 1%质量的砂不会穿过任何一个筛子。这个目标普通的筛分 5-10min 就能够达到。
6. 将每一个筛子中的砂倒入已经标记并称重的锅内。记录每个筛子上砂的质量。

数据记录和分析

将所有的质量记录在下方的报告表格内，并且测定每个筛子的砂粒通过率百分比。

筛子的砂截留率=每个筛子上样品质量/全部样品质量×100%

筛子的砂通过率=上一个筛子的砂通过率-这个筛子的砂截留率

将筛子的砂通过率在半对数表格上描点作图。在图中找到 10%样品通过率的点，就是 D10。同理找到 D60，D60/D10 得均匀系数（UC）。

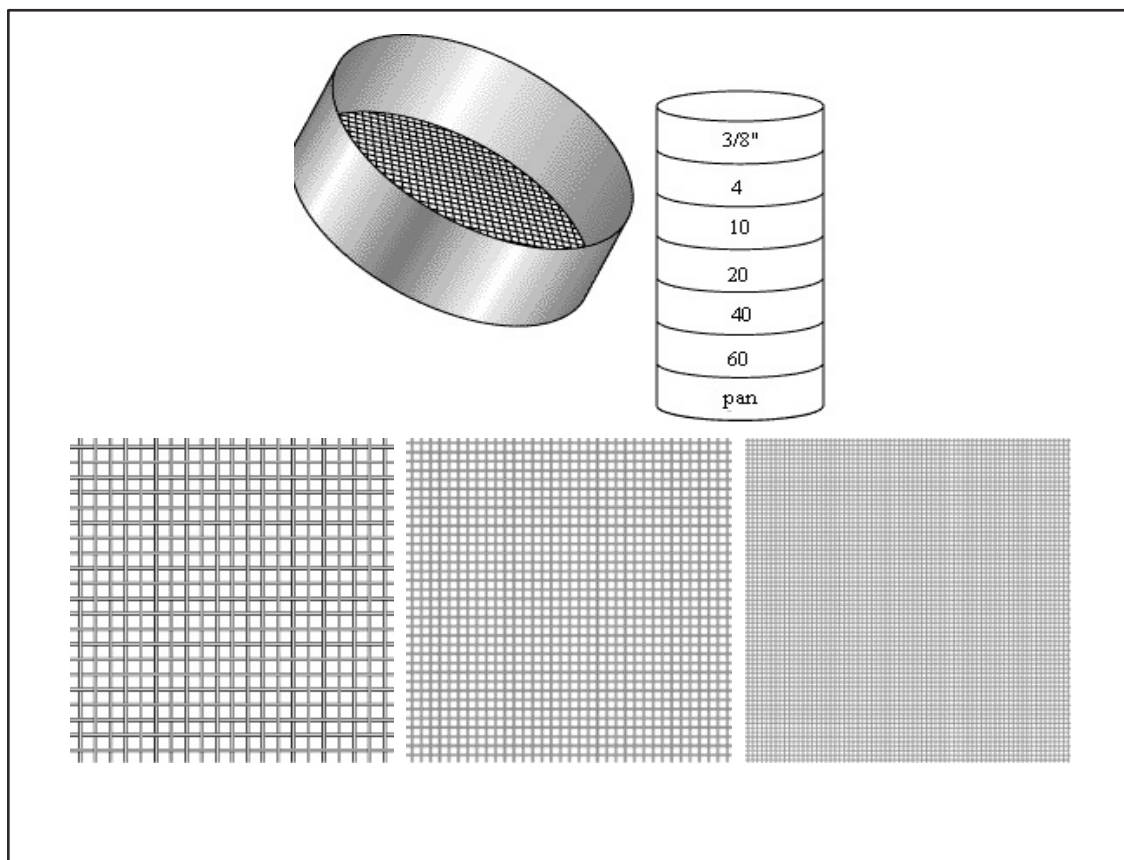


图 2. 不同网孔的筛子。按照网孔大的在上的小的在下的顺序摆放。

报告表格

项目:		日期:		分析人:			
样品种类:		样品号码 :					
空锅质量(g):		干锅质量(g):		洗锅质量(g):			
洗砂质量(g):		样品质量(g):		灰尘质量(g):			
筛子 型号 Sieve No	筛孔 尺寸 Sieve Size (mm)	锅质量 PAN WEIGHT	样品+锅质 量 SAMPLE PAN WEIGHT	样品质量 SAMPLE WEIGHT	截留率 % retained	上个筛子砂 通过率 % passing next larger size	砂通过 率 % passing

有效尺寸= D10 =

均匀系数 = D60 / D10 =

SIEVE ANALYSIS - US STANDARD SIEVE SIZES

← SIZE (inches) → ← SIEVE NUMBER →

3 2 1 1/2 1/4 8 16 30 50 80 140

2 1/2 1 1/2 3/4 3/8 4 10 20 40 60 100 200

HYDROMETER ANALYSIS

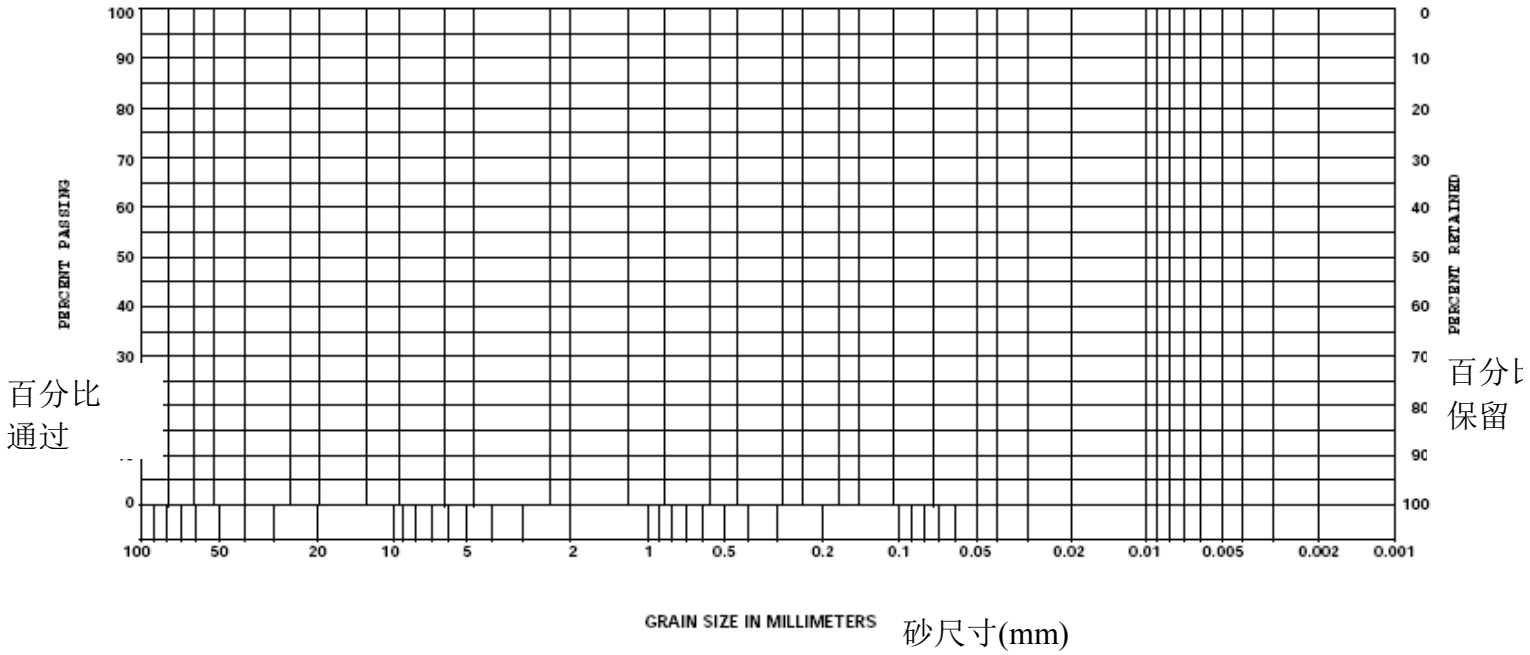


表 1. 某些筛子号码 (ASTM – E11) 和筛孔尺寸

筛子号码	筛孔尺寸 (mm)	筛子号码	筛孔尺寸 (mm)	筛子号码	筛孔尺寸 (mm)	筛子号码	筛孔尺寸 (mm)
1”	25.0	7	2.80	20	0.85	60	0.250
3/4”	19.0	8	2.36	25	0.71	80	0.180
1/2”	12.5	10	2.00	30	0.60	100	0.150
3/8”	9.5	12	1.70	35	0.50	120	0.125
4	4.75	14	1.40	40	0.425	140	0.106
5	4.00	16	1.18	45	0.355	170	0.090
6	3.35	18	1.00	50	0.300	200	0.075

举例：

表 2. 砂子尺寸分析表—计算砂子通过特定筛子的百分比

筛子号码	筛孔尺寸 (mm)	样品质量 (g)	百分比保留	上个筛子砂通过率	百分比通过
3.5	5.60	6.00	5	100	95
10	2.00	8.40	7	95	88
20	0.85	57.60	48	88	40
30	0.60	14.40	12	40	28
40	0.425	12.00	10	28	18
60	0.25	15.60	13	18	5
底锅	--	6.00	5	5	--
样品质量	--	120.00			

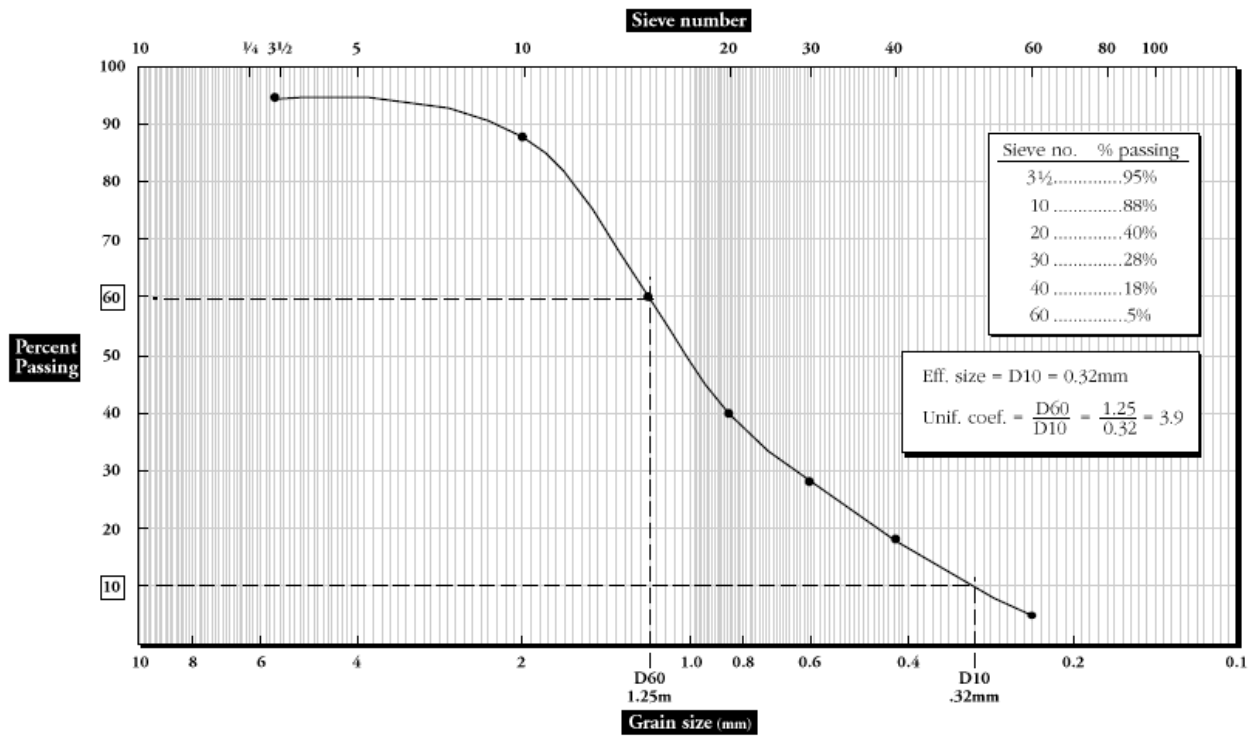


图 3. 判断砂子有效尺寸和均匀系数的分析曲线图

结果:

有效尺寸 = D10 = 0.32 mm

均匀系数 = D60/D10 = 3.91