



哈尔滨工程大学  
HARBIN ENGINEERING UNIVERSITY

# 课程设计

课程名称：土木工程实验

设计题目：土木工程材料试验报告

学生姓名：吴海梁

准考证号：010323200706



# 一、材料基本物理性质实验

## 一、实验目的

通过各种密度的测试，计算出材料的孔隙率及空隙率，了解材料的构造特征，分析比较与材料构造特征相关的其它使用功能，掌握材料密度，体积密度和表观密度的定义和测定方法。掌握材料吸水率的定义和测定方法。

## 二、实验原理

本实验以石料为例，介绍材料的几种常用物理性能实验方法。其基本性质包括密度，表观密度，孔隙率和吸水率等。石料密度是指石料矿质单位体积（不包括开口与闭口孔隙体积）的质量。表观密度是指石料在干燥状态下包括孔隙在内的单位体积固体材料的质量。形状不规则石料的毛体积密度可采用静水称量法或蜡封法测定；对于规则几何形状的试件，可采用量积法测定其体积密度。孔隙率是指材料的体积内，孔隙体积所占的比例。吸水性是指材料与水接触吸收水分的性质，当材料吸水饱和时，其含水率称为吸水率。

## 三、实验仪器

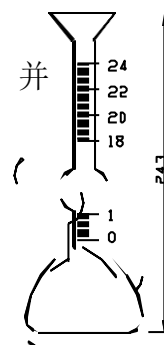
### 1. 主要仪器设备

2 筛子(孔径 0.20mm)；李氏瓶(实图 1.1)；量筒；烘箱；天平(称量 500g, 精度 0.01g)；温度计；干燥器；漏斗；小勺；恒温水槽。实验步骤

(1) 试样制备。将试样研磨，用筛子筛分除去筛余物，并放到 105℃~110℃的烘箱中，烘至恒重。将烘干的粉料放入干燥器中冷却至室温待用。

(2) 在李氏瓶中注入与试样不起反应的液体至突颈下部，然后将李氏瓶放入恒温水槽内使刻度部分浸入水中，恒温 30min，并保持水温为 20° C。记下刻度数。

(3) 用天平称取试样  $m_1$  (约 60g~90g)。用小勺和漏斗小心地将试样徐徐送入李氏瓶内（不能大量倾倒，否则会妨碍李氏瓶中空气的排出，或在咽喉部分形成气泡，导致该部位堵塞）直至液面上升至接近 20 (cm<sup>3</sup>)



的刻度为止。

(4) 称取剩下的试样  $m_2$ ，前后两次质量之差 ( $m_1 - m_2$ )，即为装入瓶内的试样质量  $m$  (g)。

(5) 轻轻摇动李氏瓶排出气泡，再次将李氏瓶静置于恒温水槽中恒温 30min。记下液面刻度  $V_2$ ，前后两次液面读数之差 ( $V_2 - V_1$ )，即为瓶内试样的绝对体积  $V$  (cm<sup>3</sup>)。

结果计算

按下式计算出试样密度  $\rho$  (精确至 0.01g/cm<sup>3</sup>)：

$$\rho = \frac{m}{V}$$

密度实验用两个试样平行进行，以其结果的算术平均值作为最后结果。两个结果之差不应超过 0.02g/cm<sup>3</sup>。

#### 四、实验方法和步骤材料

基本物理性质实验-密度实验(李氏比重瓶法)

(1) 将石料试样粉碎、研磨、过筛后放入烘箱中，以  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  的温度烘干至恒重。烘干后的粉料储放在干燥器中冷却至室温，以待取用。

(2) 在李氏瓶中注入煤油或其他对试样不起反应的液体至突颈下部的零刻度线以上，将李氏比重瓶放在温度为  $(t \pm 1)^\circ\text{C}$  的恒温水槽内 (水温必须控制在李氏比重瓶标定刻度时的温度)，使刻度部分浸入水中，恒温0.5小时。记下李氏瓶第一次读数  $V_1$  (准确到0.05mL，下同)。

(3) 从恒温水槽中取出李氏瓶，用滤纸将李氏瓶内零点起始读数以上的没有煤油的部分仔细擦净。

(4) 取100g左右试样，用感量为0.001g的天平 (下同) 准确称取瓷皿和试样总质量  $m_1$ 。用牛角匙小心将试样通过漏斗渐渐送入李氏瓶内 (不能大量倾倒，因为这样会妨碍李氏瓶中的空气排出，或在咽喉部分形成气泡，妨碍粉末的继续下落)，使液面上升接至20mL刻度处 (或略高于20mL刻度处)，注意勿使石粉粘附于液面以上的瓶颈内壁上。摇动李氏瓶，排出其中空气，至液体不再发生气泡

为止。再放入恒温水槽，在相同温度下恒温0.5小时，记下李氏瓶第二次读数V2。

(5) 准确称取瓷皿加剩下的试样总质量m2。

(6) 石料试样密度按下式计算（精确至0.01g/cm<sup>3</sup>）：

$\rho_t$ —石料密度，g/cm<sup>3</sup>；

m1—实验前试样加瓷皿总质量，g；

m2—实验后剩余试样加瓷皿总质量，g；

V1—李氏瓶第一次读数，mL（cm<sup>3</sup>）；

V2—李氏瓶第二次读数，mL（cm<sup>3</sup>）。

7、以两次实验结果的算术平均值作为测定值，如两次实验结果相差大于0.02g/cm<sup>3</sup>时，应重新取样进行实验。

## 五、表观密度实验

### （一）规则几何形状试样的测试

#### 1. 主要仪器设备

游标卡尺（精度0.1mm）；天平（精度0.1g）；烘箱；干燥器；漏斗；直尺；瓷盘等。

#### 2. 实验步骤

① 准备试样。选择几何形状规则（立方体、平行六面体等）的试样，将试样放入烘箱内，以105℃±5℃的温度烘干至恒量，从烘箱中取出放入干燥器中冷却至室温。

② 测量。如试样为立方体或平行六面体，用游标卡尺量出试样尺寸（每边测三次，取平均值），并按下式计算出试样体积  $V_0$ （cm<sup>3</sup>）。

$$V = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} \times \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} \times \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3} \quad (\text{cm}^3)$$

式中， $a$ 、 $b$ 、 $c$  分别为试件的长、宽、高。

(3) 天平称出试样质量  $m$  (g)。

### 3. 实验结果计算

按下式计算出表观密度  $\rho_0$ ，计算精确至于  $0.01\text{g/cm}^3$ 。

$$\rho_0 = \frac{m}{V} \quad (\text{g/cm}^3)$$

## (二) 不规则形状试样的测试

### 1. 主要仪器设备

广口瓶、烘箱、天平、筛子、浅盘、带盖容器、毛巾、刷子、玻璃片。

### 2. 实验步骤

① 将待测物在温度为  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  的烘箱中烘干至恒重，并在干燥器内冷却至室温。称取质量为  $m_0$  的试样，对其表面涂蜡，封闭开口孔。

② 将试样装入广口瓶中，装试样时广口瓶应倾斜放置，然后注满饮用水，用玻璃片覆盖瓶口，以上下左右摇晃的方法排除气泡。

③ 气泡排尽后，向瓶内添加水，直至水面凸出到瓶口边线，然后用玻璃片沿瓶口迅速滑行，使其紧贴瓶口水面。擦干瓶外水分后，称取试样、水、瓶和玻璃片的总质量 ( $m_1$ )。

④ 将瓶洗净，重新注满水，用玻璃片紧贴瓶口水面，擦干瓶外水分称出质量( $m_2$ )。

实验结果计算按下式计算表观密度：

$$\rho_0 = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 1000 \quad (\text{kg/m}^3)$$

按下式计算试样的孔隙率  $P$ 。计算结果精确至  $0.1\%$ 。

$$P = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100(\%)$$

## 五、吸水率实验

### 1. 主要仪器设备

天平（称量 1000g，精度 0.1g）；游标卡尺（精度 0.1mm）；烘箱；水槽（玻璃质或金属质等）；垫条（玻璃棒、玻璃管或金属棒等）。

### 2. 实验步骤

(1) 将试件置于烘箱中，以  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  的温度烘干至恒量，称其质量  $m$  (g)，精确至

0.1g。

(2) 将试件放入水槽中，试件之间应留 1~2cm 的间隔，试件底部应用垫条垫起，避免试件与槽底直接接触，使水能够自由进入。

(3) 加水至试件高度的 1/3 处，24h 后加水至试件高度的 2/3 处，再隔 24h 加入水至试件上端，又隔 24h 加水至高出试件 1cm~2cm，再经 24h 后取出试件。

(4) 取出试件，用拧干的湿毛巾抹去试件表面的水分，称其质量后再放回水槽中。

(5) 以后每隔 24h 用步骤 (4) 的方法称取试样质量，直至试件浸水至恒重为止，称得试件质量  $m_1$  (g)。

### 3. 实验结果计算

按下式计算试件质量吸水率  $W$ ：

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\%$$

## 二、水泥混凝土实验

### (一) 实验意义和目的

混凝土配合比实验是一个高度综合的实验，是对土木工程材料知识的综合检验和运用，通过该实验可以检查学生对土木工程材料知识的掌握程度。同时混凝土配合比实验是一个设计性实验，根据工程实际设计要求确定原材料的品种及规格、初步配合比和实验检验项目。锻炼自身选材和用材的能力、锻炼自身独立工作的能力。

## （二）实验原理

混凝土配合比设计是根据实测的原材料的物理、力学指标，通过计算和实验确定各组成材料的比例，从而使配制出的混凝土满足工程设计和施工要求。因为影响混凝土性质的因素很多，目前还没有建立起各影响因素与混凝土和易性和强度、耐久性之间的严格的数学力学表达式，因此混凝土配合比设计往往是首先通过经验数据和经验公式初步估计一个配合比，然后通过实验检验和调整配合比，使最终确定的配合比满足工程要求。

## （三）实验基本步骤

① 原材料实验：检验原材料是否合格，确定原材料的物理力学参数，为混凝土配合设计和实验提供原始数据；② 初步配合比计算：根据经验数据和经验公式，计算初步配合比。这样可以减少实验次数和实验的盲目性。③ 试配调整，确定基准配合比。按初步配合比称量配料，按规定方法拌制混凝土，实测其流动性并观察其粘聚性和保水性。根据实测结果，分析原因、调整配比，直到满足和易性要求为止，确定满足和易性要求配合比——基准配合比。④ 在基准配合比的基础上，制作混凝土标准试件，标准养护 28 天后，按标准方法检测其强度，根据强度检测结果确定满足强度和耐久性要求的配合比——实验室配合比。⑤ 在实验室配合比的基础上，根据现场砂石实际含水情况，调整材料用量，在满足水泥用量和水灰比不变的前提条件下，确定施工配合比。

## （四）实验内容

### 1、水泥试验

(1) 实验原理: 1·水泥凝结: 水泥和水以后，发生一系列物理与化学变化，随着水泥水化反应的进行，水泥浆体逐渐失去流动性、可塑性，进而凝固称具有一定强度的硬化体，这一过程成为水泥的凝结。水泥凝结时间，在工程应用上需要测定其标准稠度净浆的初凝时间和终凝时间。2·凝结反常: 有两种不正常的凝结现象，即假凝(粘凝)和瞬凝(急凝)。1 假凝特征: 水泥和水后的几分钟内就发生凝固，且没有明显的温度上升现象; ②瞬凝特征: 水泥和水后浆体很快凝结成为一种很粗糙、和易性差的混合物，并在大量的放热情况下和凝固。



## 2、混凝土拌合物试验

测定方法为坍落度测定法。具体测定方法如下：

将混凝土拌合物按规定分三次装入坍落度筒中，每次用振捣棒按顺时针方向由筒中心向四周插捣 25 次，三次插捣完毕后将多余的混凝土刮平，垂直向上提起坍落度筒并移至一旁，混凝土拌合物由于自重将会产生坍落现象，然后用尺子量出混凝土坍落的尺寸，即坍落度。

用桶高(300mm)减去塌落后混凝土最高点的高度，称为坍落度。如果差值为 100mm，则坍落度为 100。坍落度越大表示流动性越好。

做坍落度试验测定拌合物的流动性，并辅以直观经验评定粘聚性和保水性。根据坍落度的不同，可将混凝土拌合物分为 4 级：低塑性混凝土（10~40mm）、塑性混凝土（50~90mm）、流动性混凝土（100~150mm）、大流动性混凝土（大于 160mm）。

## 3、混凝土立方体抗压强度试验

（1）试件从养护地点取出后应及时进行试验，将试件表面与上下承压板面擦干净；

（2）将试件安放在试验机的下压板或垫板上，试件的承压面应与成型时的顶面垂直。试件的中心应与试验机下压板中心对准，开动试验机，当上压板与试件或钢垫板接近时，调整球座，使接触均衡；

（3）在试验过程中应连续均匀地加荷，混凝土强度等级

（4）当试件接近破坏开始急剧变形时，应停止调整试验机油门，直至破坏。然后记录破坏荷载。

## 三、钢筋实验

### （一）实验意义和目的

是为了加深对钢筋受拉的应力—应变特性的认识；加深对屈服强度、抗拉强度和伸长率的认识；确定实验钢筋的钢号。

### （二）实验原理

抗拉强度是建筑钢材最重要的性能之一。由拉力实验测定的屈服点、抗拉强度和伸长率是钢材抗拉性能的主要技术指标。钢材的受拉性能，可通过低碳钢受拉时的应力—应变图阐明。低碳钢在常温和静载条件下，要经历四个过程，即弹性阶段、塑性阶段、应变强化阶段和颈缩断裂。钢材的抗拉性能通过伸长率等指标来反应。

冷弯性能是指钢材在常温下承受弯曲变形的能力，是建筑钢材的重要工艺性能。钢材的冷弯性能指标用试件在常温下所能承受的弯曲程度表示。按规定的弯曲角和弯心直径进行实验时，试件的弯曲处不发生裂缝、裂断或起层，即认为冷弯性能合格。

### （三）试验装置和仪器

万能实验机、游标卡尺、支承辊、弯心等

### （四）一般规定

（1）钢筋混凝土用热轧钢筋，同一公称直径和同一炉罐号组成的钢筋应分批检查和验收，每批质量不大于 60t。

（2）钢筋应有出厂证明，或实验报告单。验收时应抽样作机械性能实验：拉伸实验和冷弯实验。钢筋在使用中若有脆断、焊接性能不良或机械性能显著不正常时，还应进行化学成分分析。验收时包括尺寸、表面及质量偏差等检验项目。

（3）钢筋拉伸及冷弯使用的试样不允许进行车削加工。实验应在  $20 \pm 10^{\circ}\text{C}$  的温度下进行，否则应在报告中注明。

(4) 验收取样时, 自每批钢筋中任取两根截取拉伸试样, 任取两根截取冷弯试样。在拉伸实验的试件中, 若有一根试件的屈服点、抗拉强度和伸长率三个指标中有一个达不到标准中的规定值, 或冷弯实验中有一根试件不符合标准要求, 则在同一批钢筋中再抽取双倍数量的试件进行该不合格项目的复验, 复验结果中只要有一个指标不合格, 则该实验项目判定为不合格, 整批不得交货。

(5) 拉伸和冷弯试件的长度  $L$ , 分别按下式计算后截取:

拉伸试件:  $L=L_0+2h+2h_1$ ;          冷弯试件:  $L_w=5a+150$

式中  $L$ 、 $L_w$ ——分别为拉伸试件和冷弯试件的长度 (mm);

$L_0$ ——拉伸试件的标距,  $L_0=5a$  或  $L_0=10a$  (mm);

$h$ 、 $h_1$ ——分别为夹具长度和预留长度 (mm),  $h_1=(0.5\sim 1)a$ , 见图试 1;

$a$ ——钢筋的公称直径 (mm)。

## (五) 拉伸实验

### (一) 实验目的

测定钢筋的屈服点、抗拉强度和伸长率, 评定钢筋的强度等级。

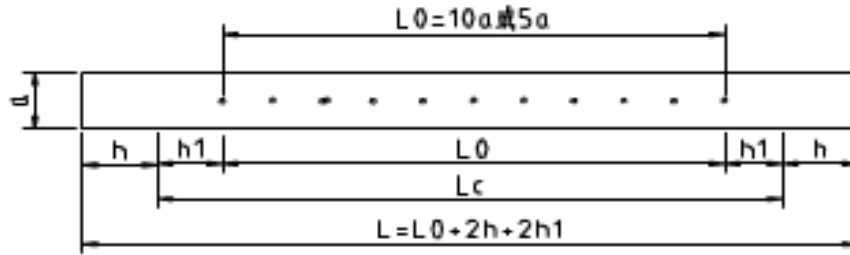
### (二) 主要仪器设备

1. 万能材料试验机 示值误差不大于 1%。量程的选择: 实验时达到最大荷载时, 指针最好在第三象限 ( $180^\circ \sim 270^\circ$ ) 内, 或者数显破坏荷载在量程的 50%~75%之间。

2. 钢筋打点机或划线机、游标卡尺 (精度为 0.1mm) 等。

### (三) 试样制备

拉伸实验用钢筋试件不得进行车削加工, 可以用两个或一系列等分小冲点或细划线标出试件原始标距, 测量标距长度  $L_0$ , 精确至 0.1mm, 见图试 1。根据钢筋的公称直径按表 6.6 选取公称横截面积 ( $\text{mm}^2$ )。



图试 1 钢筋拉伸实验试件

$a$ —试样原始直径； $L_0$ —标距长度； $h_1$ —取  $(0.5 \sim 1) a$ ； $h$ —夹具长度

#### (四) 实验步骤

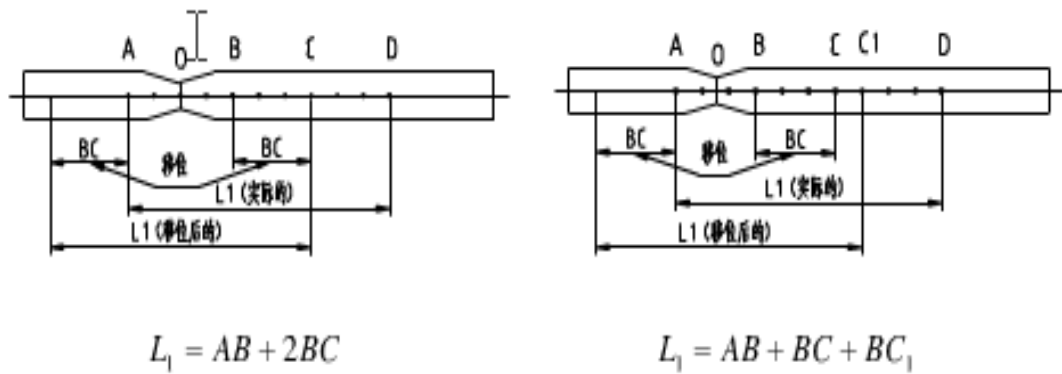
1. 将试件上端固定在实验机上夹具内，调整实验机零点，装好描绘器、纸、笔等，再用下夹具固定试件下端。

2. 开动实验机进行拉伸，拉伸速度为：屈服前应力增加速度为  $10\text{MPa/s}$ ；屈服后实验机活动夹头在荷载下移动速度不大于  $0.5L_c/\text{min}$ ，直至试件拉断。

3. 拉伸过程中，测力度盘指针停止转动时的恒定荷载，或第一次回转时的最小荷载，即为屈服荷载  $F_s$  (N)。向试件继续加荷直至试件拉断，读出最大荷载  $F_b$  (N)。

4. 测量试件拉断后的标距长度  $L_1$ 。将已拉断的试件两端在断裂处对齐，尽量使其轴线位于同一条直线上。

如拉断处距离邻近标距端点大于  $L_0/3$  时，可用游标卡尺直接量出  $L_1$ 。如拉断处距离邻近标距端点小于或等于  $L_0/3$  时，可按下述移位法确定  $L_1$ ：在长段上自断点起，取等于短段格数得  $B$  点，再取等于长段所余格数（偶数如图试 2a）之半得  $C$  点；或者取所余格数（奇数如图试 2b）减 1 与加 1 之半得  $C$  与  $C_1$  点。则移位后的  $L_1$  分别为  $AB+2BC$  或  $AB+BC+BC_1$ 。



图试 2 用移位法计算标距

如果直接测量所求得的伸长率能达到技术条件要求的规定值，则可不采用移位法。

### (五) 结果评定

1. 钢筋的屈服点 和抗拉强度 按下式计算：

$$\sigma_s = F_s / A \quad \sigma_b = F_b / A$$

式中  $\sigma_s$ 、 $\sigma_b$ ——分别为钢筋的屈服点和抗拉强度（MPa）；

$F_s$ 、 $F_b$ ——分别为钢筋的屈服荷载和最大荷载（N）；

$A$ ——试件的公称横截面积（ $\text{mm}^2$ ）。

当  $\sigma_s$ 、 $\sigma_b$  大于 1000MPa 时，应计算至 10MPa，按“四舍六入五单双法”修约；为 200~1000MPa 时，计算至 5MPa，按“二五进位法”修约；小于 200MPa 时，计算至 1MPa，小数点数字按“四舍六入五单双法”处理。

2. 钢筋的伸长率  $\delta_5$  或  $\delta_{10}$  按下式计算：

$$\delta_5 (\delta_{10}) = (L_1 - L_0) / L_0$$

式中  $\delta_5$ 、 $\delta_{10}$ ——分别为  $L_0=5a$  或  $L_0=10a$  时的伸长率（精确至 1%）；

$L_0$ ——原标距长度  $5a$  或  $10a$ （mm）；

$L_1$ ——试件拉断后直接量出或按移位法的标距长度（mm，精确至 0.1mm）。

如试件在标距端点上或标距处断裂，则实验结果无效，应重做实验。

## (六) 冷弯实验

### (一) 实验目的

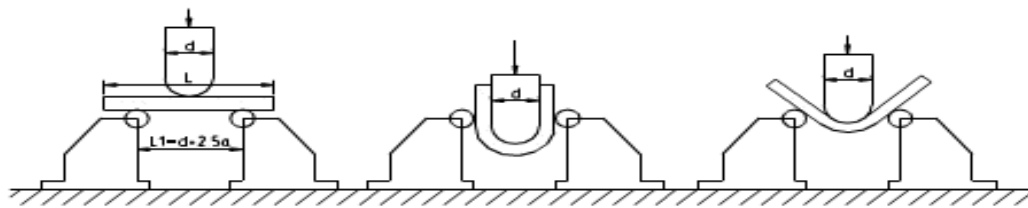
通过冷弯实验，对钢筋塑性进行严格检验，也间接测定钢筋内部的缺陷及可焊性。

### (二) 主要仪器设备

万能材料试验机、具有一定弯心直径的冷弯冲头等。

### (三) 实验步骤

1. 按图试 3a 调整试验机各种平台上支辊距离  $L_1$ 。 $d$  为冷弯冲头直径， $d=na$ ， $n$  为自然数，其值大小根据钢筋级别确定。
2. 将试件按图试 3a 安放好后，平稳地加荷，钢筋弯曲至规定角度（ $90^\circ$  或  $180^\circ$ ）后，停止冷弯，见图试 3b 和 3c。



a 冷弯试件和支座  
 $90^\circ$

b 弯曲  $180^\circ$

c 弯曲

图试 3 钢筋冷弯实验装置示意图

### (四) 结果评定

在常温下，在规定的弯心直径和弯曲角度下对钢筋进行弯曲，检测两根弯曲钢筋的外表面，若无裂纹、断裂或起层，即判定钢筋的冷弯合格，否则冷弯不合格。

## 四、试验感悟

材料试验既是一门科学又是一种技术，是研究和发展土木工程新结构、新材料、新工艺以及检验结构分析和设计理论的重要手段。实验的开始，老师就让我们自己阅读文献，以加强对课题的理解。通过一系列的自主学习，我知道了水泥的水灰比、掺合料都会影响水泥的绝热温升，不后的掺合料对实验的影响也各不相同。例如，在一定的范围内，水泥绝热值随水泥的用量增加而增加，但达到某一峰值后，绝热值却随水泥的用量增加而减少。而通过理论知识学习，我们从试验规划与设计、试验技术准备、试验仪器的了解、试验实施过程、试验数据处理等方面加强了自身的知识储备。哪些性质，而且应对不同类型、不同品种材料的特性相互进行比较。只有掌握其特点，才能做到正确合理选用材料。还应该知道具有某种性质的基本原理，以及材料的运输和贮存等注意事项。同时、在我国现代化建设中、土木工程占有极为重要的地位。

由于组分、结构和构造的不同，土木工程材料品种繁多、性能各不相同、价格相差悬殊，同时在土木工程中用量巨大。因此、正确选择和合理使用土木工程材料，对整个土木工程的安全、实用、美观、耐久及造价又有着重大意义。

在水泥试验中让我学会了配制水泥净浆。如何测定水泥强度。安定性，凝结时间。使我了解到水泥是粉状水硬性无机胶凝材料。加水搅拌成浆体后能在空气或水中硬化。用以将砂、石等散粒材料胶结成砂浆或混凝土。它是重要的建筑材料，用水泥制成的砂浆或混凝土。坚固耐久。广泛应用于土木建筑、水利、国防等工程。水泥生产随生料制备方法不同，可分为干法。包括半干法、与湿法，包括半湿法。两种水泥的生产、生产工序一般可分生料制备、熟料煅烧和水泥制成等三个工序。水泥胶砂强度试验中。实验目的是测定水泥胶砂在规定龄期的抗压强度和抗折强度。评定水泥的强度等级。

随着科技的发展，土木工程材料种类增长迅速。更新快、而土木工程材料行业对资源的利用和对环境的影响都占据着重要的位置，在产值、能耗、环保等方面都是国民经济中的大户。然而全球的生存环境问题日益恶化，人口爆炸性的增长、资源日益匮乏，森林锐减。河流湖泊干枯，土地沙化、地球臭氧层遭

破坏等等。为了保证源源不断地为工程建设提供质量可靠的材料，避免新型材料的生产和发展对环境造成危害，我认为未来应该更加致力于绿色材料的发展。采用清洁的生产技术。少用天然资源、大量使用工业或城市固体废弃物和植物秸秆、生产无毒、无污染、无放射性、有利于环保和人体健康的土木工程材料。