

中华人民共和国水利电力部

土工试验操作规程

中国工业出版社

中华人民共和国水利电力部

土工試驗操作規程

中国工业出版社

本規程是由1956年前水利部頒發的“土工試驗操作規程”修改增訂而成的。

本規程為“土工試驗操作規程”。包括規程34項、附錄4項。

本規程除水利電力系統土工試驗單位必須遵循外，還可供土工教學人員、其他部門土工試驗和工程地質技術人員作土工試驗時參考之用。

中華人民共和國水利電力部 土工試驗操作規程

*

水利電力部辦公廳圖書編輯部編輯（北京阜外月坛南營房）

中國工業出版社出版（北京後門外大街路丙10號）

（北京市書刊出版事業許可證出字第110號）

中國工業出版社第二印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

*

開本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印張 $17 \frac{1}{4}$ ·插頁3·字數408,000

1962年7月北京第一版·1962年7月北京第一次印刷

印數0001—1,300·定價（10-5）2.15元

*

統一書號：15165·1609（水電-278）

前 言

本規程是由水利电力部指定水利水电科学研究院，水利水电建設总局，南京水利科学研究所，西北水利科学研究所，长江水利科学研究所，黄河水利科学研究所，安徽水利电力学院水利科学研究所，湖南省水利科学研究所，水利电力部东北、北京、上海勘测設計院、密云水庫修建总指揮部等单位的試驗研究人員組成規程修訂小組，于1960年7月在水利水电科学研究院修訂完成的。提出的初稿曾經過反复討論，广泛征求意见，最后由水利水电科学研究院有关人員集体討論，修改定稿，并經水利电力部批准，以代替1956年前水利部頒发的“土工試驗操作規程”。

本規程是根据1956年前水利部頒发的“土工試驗操作規程”增补修訂而成。1956年的規程对水利系統土工試驗操作方法統一化和标准化起了应有的作用，但大跃进以来，水利水电建設发展中提出的日益增长的需要，土工試驗研究和技术革命、技术革新取得的很多成就，使1956年的規程不能很好适应当前建設事业的需要和科学技术水平，因而对1956年的規程进行了全面的增补和修訂。

本規程共包括32項試驗、1項土的分类、1項土样制备，共34項。与1956年的“土工試驗操作規程”相比较，新增的有土样制备、无凝聚性土渗透稳定及反滤料試驗、三軸剪力試驗、孔隙压力消散試驗、砂土临界孔隙比試驗、静止侧压力系数試驗、十字板剪力試驗、混凝土板与地基土的摩擦試驗、飽和砂性土振动試驗、酸碱度試驗10項，重新編写或修改較大的有击实試驗、黃土压缩試驗、直接剪力試驗3項，其余21項修改不多，或未作修改。規程中某些項目的附屬試驗或工地試驗以及有关仪器校正、土样制备等內容，均归并入各該項目中予以敘述。規程的說明书也作了相应的增訂，并闡述了各規程增訂的依据。考虑到实际需要，出版时发行带有說明书和不带說明书的两种版本。

参加规程修订小组工作的有：徐金城、徐曾衍(以上为负责人)、汪闻韶、陈愈炯、黄锦德、刘杰、崔文光、刘效黎、黄邦光、建功、王明煜、焦泽民、杨治宇、谭抑炅、严克强、王泽霖、钱剑霞、贺湘琦诸同志。本规程及说明书全文由陈愈炯、黄锦德、赵景伟同志作最后整理，水利水电科学研究院土工研究所有关同志分别修改，蒋国澄同志统一修改，蒋彭年副所长审阅，水利水电科学研究院黄文熙副院长审定。

对本规程的意见和建议，请函寄北京景王坟水利水电科学研究院土工研究所。

1961年8月

目 录

前言

土101-60	土的分类	7
土102-60	土样制备	12
土103-60	含水量試驗	18
土104-60	容重試驗	23
土105-60	比重試驗	38
土106-60	顆粒大小分析試驗	46
土107-60	相对密度試驗	64
土108-60	流限試驗	68
土109-60	塑限試驗	70
土110-60	收縮試驗	72
土111-60	天然稠度試驗	74
土112-60	最大分子水容量試驗	76
土113-60	膨脹試驗	79
土114-60	湿化試驗	82
土115-60	毛管水上升高度試驗	84
土116-60	击实試驗	87
土117-60	渗透試驗	94
土118-60	无凝聚性土渗透稳定及反滤料試驗	116
土119-60	压缩試驗	126
土120-60	黃土压缩性試驗	137
土121-60	三軸剪力試驗	143
土122-60	孔隙压力消散試驗	161
土123-60	砂土临界孔隙比試驗	168
土124-60	静止侧压力系数試驗	171
土125-60	直接剪力試驗	176
土126-60	十字板剪力試驗	192
土127-60	无限限抗压强度試驗	196
土128-60	无凝聚性土天然坡角試驗	207
土129-60	混凝土板与地基土的接触摩擦試驗	210
土130-60	饱和砂性土振动試驗	215
土131-60	水溶盐試驗	235
土132-60	有机质試驗	251

6
土133-60 燒灼失重試驗.....254

土134-60 酸鹼度(pH值)試驗.....255

附 录

附录 1 名詞、術語和符号.....256

附录 2 土样要求与管理.....257

附录 3 試驗成果的整理与指标的选择.....261

土 的 分 类

土101-60

一、采用表 1 进行颗粒大小分组。

表 1 颗粒大小分组

名 称			粒徑范围(毫米)	名 称			粒徑范围(毫米)
漂石(磨圓的)、块石(棱角的)			>200	砂 粒			2~0.05
	大		>800		粗		2~0.5
	中		800~400		中		0.5~0.25
	小		400~200		細		0.25~0.10
卵石(磨圓的)、碎石(棱角的)			200~10		极 細		0.10~0.05
	极 大		200~100	粉 粒			0.05~0.005
	大		100~60		粗		0.05~0.01
	中		60~40		細		0.01~0.005
	小		40~20	粘 粒			<0.005
圓 砾、 角 砾			20~2	胶 粒			<0.002
	粗		20~10				
	中		10~5				
	細		5~2				

二、采用图 1 进行土的分类。

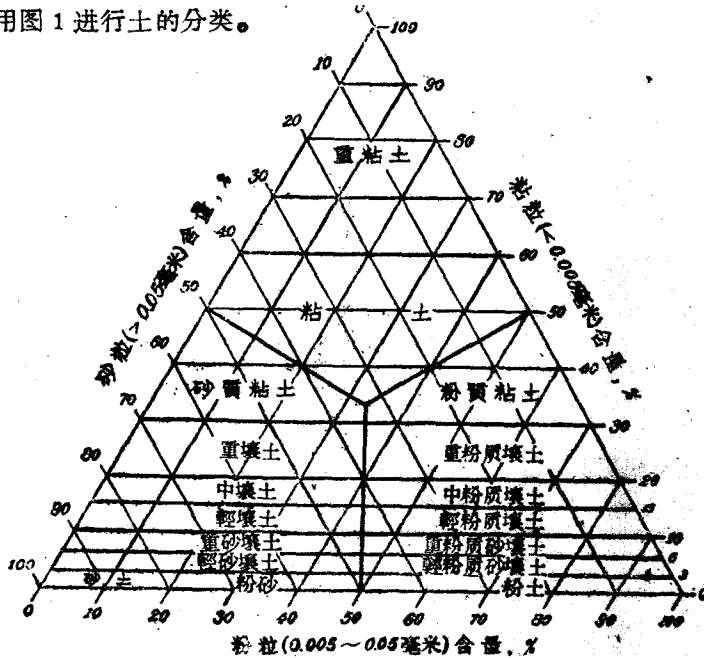


图 1 土的分类

〔注〕 若土中含有砾，但其含量不超过10%，在土名之前加“含少量砾的”5字。

三、砂土分类采用表2。

表2 砂土分类

土名	砂粒含量 (2~0.05 毫米), %			
	>0.5 毫米	>0.25毫米	>0.10毫米	>0.10毫米
粗砂	>50			
中砂		>50		
细砂			>75	
极细砂				<75

〔注〕 1. 上表适用于粘粒含量小于3%、粉粒含量小于20%的砂土;

2. 确定砂土的种类时, 将土按大小粒径的重量百分比加以统计, 首先为大于0.5毫米的颗粒, 其次为大于0.25毫米的颗粒, 余类推。按表中排列的次序, 以最先适合的名称命名。

四、若土中砾的含量大于10%, 采用图2进行分类。

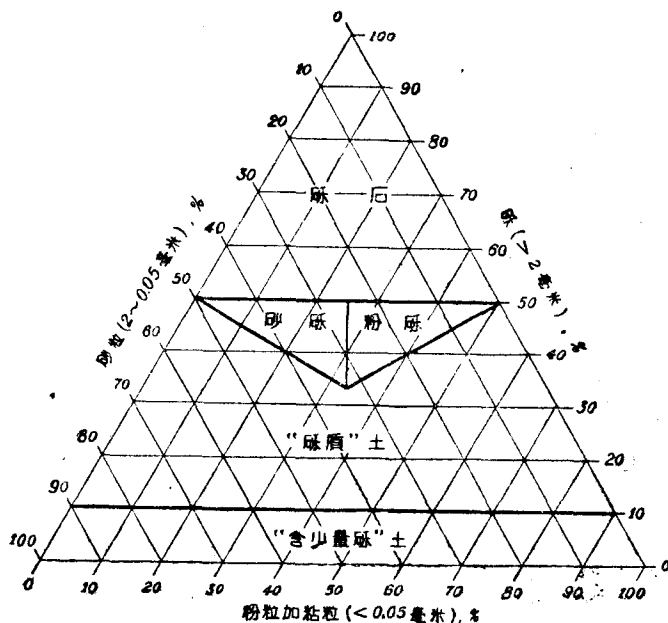


图2 砾质土分类

〔注〕 如果按图2查得为“砾质”土时, 将粒径小于2毫米的土作为整体, 分别求出砂粒、粉粒及粘粒含量百分数, 再根据图1分类, 然后在所得土名之前, 加“砾质”2字, 例如: 砾质砂土、砾质砂壤土等。

五、砾石分类采用表3。

表3 砾石分类

土名	砾的含量, %		
	>20毫米	>10毫米	>2毫米
卵石及碎石	>50		
粗砾		>50	
细砾			>50

六、按照土的塑性指数，采用表 4 进行土的分类。

表 4 按塑性指数的土的分类

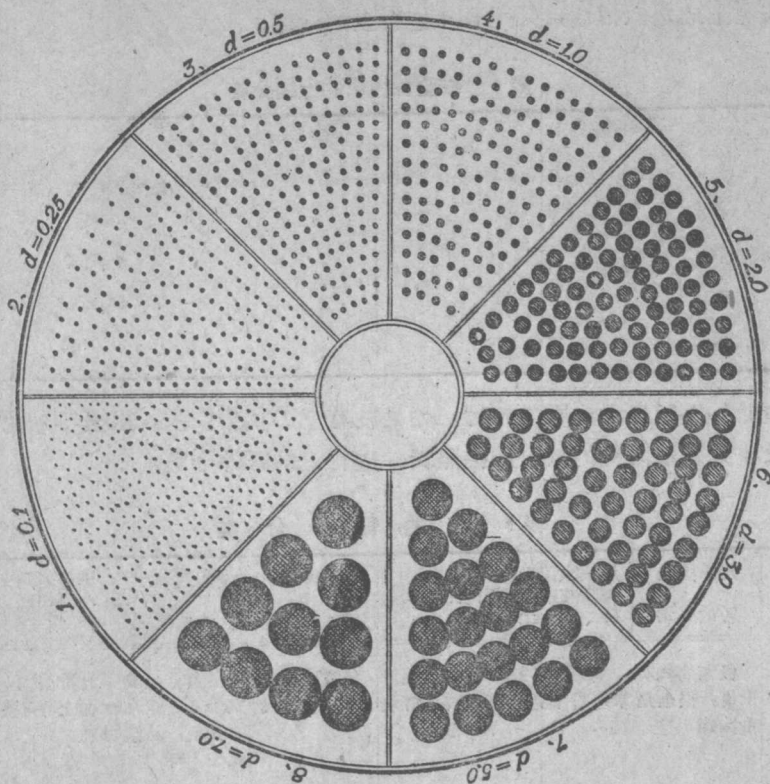
土 名	塑性指数 w_p
砂 土	$w_p < 1$
砂 壤 土	$1 < w_p \leq 7$
壤 土	$7 < w_p \leq 17$
粘 土	$w_p > 17$

七、在野外进行工程地质勘查时，如果没有土工试验仪器，根据手触的感觉、肉眼的鉴别以及少量简单易行的试验，按照表 5 进行土的野外分类。

表 5 土的野外分类

土 类	用手捻捻时的感觉	用放大镜及肉眼观察土的	干时土的状态	潮湿时土的状态	潮湿时将土捻捻的情况	潮湿时用小手刀切削的情况	其他特征
粘 土	极细的均质土块，很难用手捻碎	均质细粉末，看不见砂粒	坚硬，用锤能打碎，碎块不会散落	粘塑的，滑腻的，粘连的	很容易捻成细于 0.5 毫米的长条，易滚成小土球	光滑表面，土面上看不见砂粒	干时有光泽，有细狭条纹
壤 土	没有均质的感觉，感到有些砂粒，土块容易被压碎	从它的细粉末可以清楚地看到砂粒	用锤击和手压，土块容易被碎开	塑性的，弱粘性的	能捻成比粘土较粗的短土条，能滚成小土球	可以感觉到有砂粒的存在	干时光泽暗沉，条纹较粘土粗而宽
粉质壤土	砂粒的感觉少，土块容易压碎	砂粒很少，可以看见很多细粉粒	用锤击和手压，土块容易被碎开	塑性的，弱粘性的	不能捻成很长的土条，而且捻成的土条容易破裂	土面粗糙	干时光泽暗沉，条纹较粘土粗而宽
砂 壤 土	土质不均匀，能清楚地感觉到砂粒的存在。稍一用力，土块即被压碎	砂粒多于粘粒	土块容易散开，用手压或者用镊子捻起丢掷，土块散落成土屑	无塑性	几乎不能捻成土条，滚成的土球容易开裂和散落	—	—
砂 土	只有砂粒的感觉，没有粘粒的感觉	只能看见砂粒	松散的，缺乏胶结	无塑性，成流体状	不能捻成土条和土球	—	—
粉 土	有干面似的感觉	砂粒少，粉粒多	土块极易散落	成流体状	不能捻成土条和土球	—	—
砾质土	大于 2 毫米的土粒很多，为圆砾，棱角当其含量超过 50% 时，称为砾石	(磨圆的称为圆砾，棱角的称为角砾)	—	—	—	—	—

[注] 如果需将砂土分类，可利用图 3 中的颗粒大小比较图，估计某种粒径的含量百分数，然后根据表 2 分类。



單位：毫米

图3 顆粒大小比較圖

八、作土层剖面图时，采用下列图例：

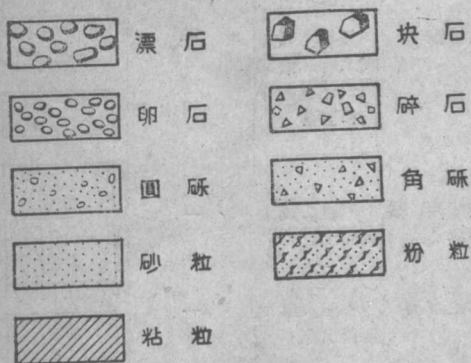


图4 粒徑分組的基本图例

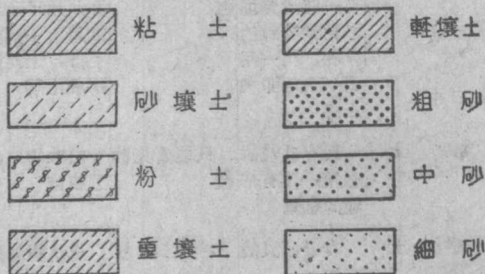


图5 土类图例

〔注〕 1. 亚类土名的图例可自行規定，或用文字說明。

2. 如果是砾质土，在图例中注以“G”的符号；如果仅是含少量砾石，即砾的含量小于10%时，在图例中注以“g”的符号。

3. 如果土层由两种土相互間夹而成，則將图例方块用一对角綫分成两块，然后在对角綫的一边繪某种土类符号，对角綫的另一边繪另一种土类符号；同时如果两种土所占的比例是不一样的，則也可用斜綫將图例方块分成对应比例的两块。

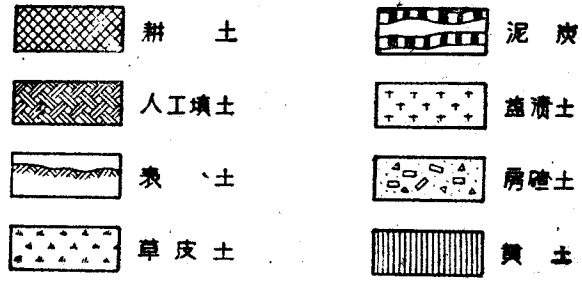


图6 其他土名图例

土 样 制 备

±102-60

一、土样在試驗前必須經過制备程序，包括土的风干、碎散、过篩、匀土、分样及貯存等预备程序以及制备試样程序等。

二、土样制备程序視需要的試驗而异，故土样制备前应拟訂土工試驗計劃。

三、对密封的原状土样除小心搬运和妥善存放外，在試驗前不应开启。如果試驗前由于需要进行土样鉴别和分类而必須开启，則在檢驗后，应迅速妥善封好貯藏，同时使土样少受扰动。

四、本規程采用扰动土样与砾质土样的预备程序及制备扰动土試样或原状土試样程序两种。制备扰动土試样，視工程实际情况，选用单层击实法、击样法或压样法进行。

試样飽和方法視土的性質选用浸水飽和法、毛细管飽和法及抽气飽和法三种。

制备特殊試样的程序分別在有关試驗項目中闡述（如高含水量低密度的試样制备見三軸剪力試驗等）。

仪 器 設 备

五、土样制备时需下列仪器設备：

1. 細篩：孔徑 5、2、0.5 毫米；
2. 洗篩：孔徑 0.1 或 0.074 毫米；
3. 台秤：称量 10~40 公斤；
4. 天平：称量 1,000 克（感量 0.1 克）；称量 200 克（感量 0.01 克）；
5. 碎土机、磨土机；
6. 击实筒（见图 1）；
7. 其他：烘箱、干燥器、保湿器、研鉢、木錘、木碾、橡皮板、玻璃瓶、玻璃缸、修土刀、鋼絲鋸、凡士林勺、土样标签以及其他盛土器等。

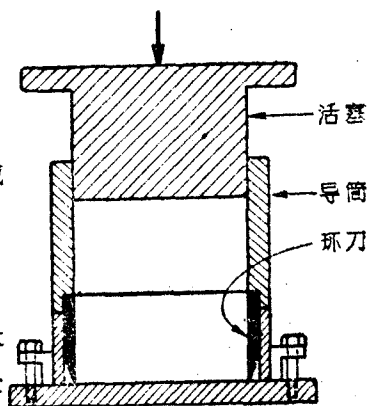


图 1 击实筒

操 作 步 驟

扰动土样制备

六、将扰动土样进行土样描述，如顏色、土类、气味及夹杂物等；如有需要，并将扰动土充分拌和，取代表性土样进行含水量測定。

七、将块状扰动土放在橡皮板上用木碾或利用碎土机碾散（切勿压碎顆粒）。对配制含水量試驗的土样，如含水量較大不能碾散时，可先风干至可碾散为止。

八、根据試驗所需的土样数量，将碾散后的土样过篩。物性試驗如流限、塑限、收縮及最大分子吸水量等試驗需过 0.5 毫米篩；水性及力学性試驗需过 2 毫米篩；若用击

实法制备试样，可过5毫米筛。过筛后用連續四分对角取样法取出足够数量的代表性试样，分別装入玻璃缸內，标以标签，以备各項試驗之用。对风干土需測定风干含水量。若为含有多量粗砂及少量細粒土(如泥沙或粘土)的松散土样，应加水潤湿松散后，用連續四分对角取样法取出代表性试样。若为淨砂，則可用勻土器取得代表性试样。

〔注〕 标籤应注明工程编号、土样编号、过筛孔径、用途、制备日期、人員等。

九、为配制一定含水量的试样，取过2毫米筛的、足够試驗用的风干土1~5公斤，按本規程第四九条步驟計算所需要的加水重。平鋪在不吸水的盘內，用噴霧器噴洒預計的加水重，充分拌和，然后装入玻璃缸內盖紧，湿润一昼夜备用(砂性土湿润時間可酌量减短)。

一〇、測定湿润后土样不同位置的含水量(至少二个以上)。要求差值不大于 $\pm 1\%$ 。

一一、对不同土层的土样制备混合样品时，应根据各土层厚度比例計算相应重量配合，然后按第七至第九条步驟进行扰动土样的预备工作。

一二、对砂及砂砾土，按第八条步驟四分法或分砂器预备土样，然后取具有代表性足够試驗用的试样作顆粒分析用，其余过5毫米筛，筛上筛下试样分別貯存，供作比重及最大、最小孔隙比等試驗用，取一部分过2毫米筛试样备力学性試驗之用。

砾质土样预备

一三、无凝聚性的松散的砂质土、砂砾、粉砾及砾石的预备方法同第一二条步驟。

一四、如砾质土的部分粘土依附在砾石上，則先用水浸泡，然后用2毫米筛，将浸泡过的土样在筛上冲洗。取筛上及筛下的具有代表性的试样作顆粒分析用。

一五、将冲洗下来的土浆风干至可碾散为止，再按第六至第九条步驟操作。

扰动土试样制备

一六、根据工程和設計的要求，将扰动土制备成所需的试样进行湿化、膨胀、渗透、压缩及剪力試驗用。

(甲)单层击实法

一七、根据击实筒面积，选一大于切土环刀高度的数值，計算容积，按试样所要求的干容重称取制备好的湿土重，准确至0.1克。

一八、将土全部倒入击实筒，击实至原定高度，用推土器将土推出。

一九、将試驗用的切土环刀內壁涂一薄层凡士林，刃口向下，放在土样上。用修土刀将土样修成略大于环刀直径的土柱，然后垂直下压环刀，边压边修，至土样突出环刀为止。擦淨环刀外壁，修平环刀两端，称环土合重，准确至0.1克，并測定环刀两端所修下土样的含水量。

〔注〕 试样制备最好在保湿間內进行，否則应尽量迅速操作。

二〇、试样制备的数量視試驗要求而定，一般应多制备1~2个备用，平行試驗或一組內的试样容重差值应在 ± 0.01 克/立方厘米範圍內。

(乙)击样法

二一、根据环刀的容积及所要求的干容重，按第四九条步驟計算，并称取所需的湿土重，准确至0.1克。

二二、将环刀套在击实筒內，并固定在击样器底板上。

二三、用击实方法将土击入环刀內。

二四、取出环刀，称环土合重，准确至0.1克。

(丙)压 样 法

二五、按二一条步骤称出所需的湿土重，倒入预先装好环刀的压样器中，拂平土样表面，以静压力利用活塞将土压入环刀内。

二六、称环土合重，准确至0.1克。

原状土试样制备

二七、小心开启原状土包装皮，辨别土样上下和层次，整平土样两端，在环刀内壁涂一薄层凡士林，刃口向下，放在土样上，无特殊要求时，切土方向与天然层次垂直。

二八、按一九条和二〇条两操作步骤切取试样，注意试样与环刀保持密合，否则应重取。

二九、切削过程中，应细心观察试样的情况，并描述它的层次、气味、颜色、有无杂质、土质是否均匀、有无裂缝等。

三〇、平行试样或同一组试样的容重的差值不宜大于0.03克/立方厘米，含水量差值不宜大于2%。

三一、视试样本身及工程要求，决定试样是否进行饱和，如不立即进行试验或饱和时，则将试样暂存于保湿器内。

三二、切削原状试样的多余土，按上述制备土样方法作物理性试验用。

试 样 饱 和 法

三三、土的孔隙逐渐被水填充的过程为饱和，当孔隙被水充满时的土称为饱和土。

三四、根据土的性质选定饱和方法：

1. 砂土：可直接在仪器内浸水饱和。

2. 较易透水的粘性土：即渗透系数大于 10^{-4} 厘米/秒时，采用毛细管饱和法较为方便。

3. 不易透水的粘性土：即渗透系数小于 10^{-4} 厘米/秒时，采用真空饱和法较为方便，但土的结构较弱，抽气时可能发生扰动者，不宜采用。

毛细管饱和法

仪 器 设 备

三五、本法需用下列仪器设备：

1. 饱和器：见图2；

2. 水箱：有盖；

3. 天平：感量0.1克。

操 作 步 骤

三六、在重迭式饱和器下板的正中放置稍大于切土环刀直径的透水石和滤纸，将带有试样的环刀放在滤纸上，试样上再放一张滤纸和一块透水石，这样顺序重复，由下向上重迭至适当的高度，将饱和器上板放在最上部透水石上，旋紧拉杆上端的螺丝，将各个环刀在上下板间夹紧。

三七、如用并列式饱和器时，则将透水石放置于下板各圆孔上，并顺序放置滤纸、带试样的环刀、滤纸、上部透水石及上板，旋紧拉杆上端的螺丝，将各个环刀在上下板间夹紧。

三八、将装好试样的饱和器放入水箱中（重迭式饱和器放倒、并列式则平放），注清水入箱，水面不宜将试样淹没（重迭式饱和器）或超过试样顶面（并列式饱和器），使土中

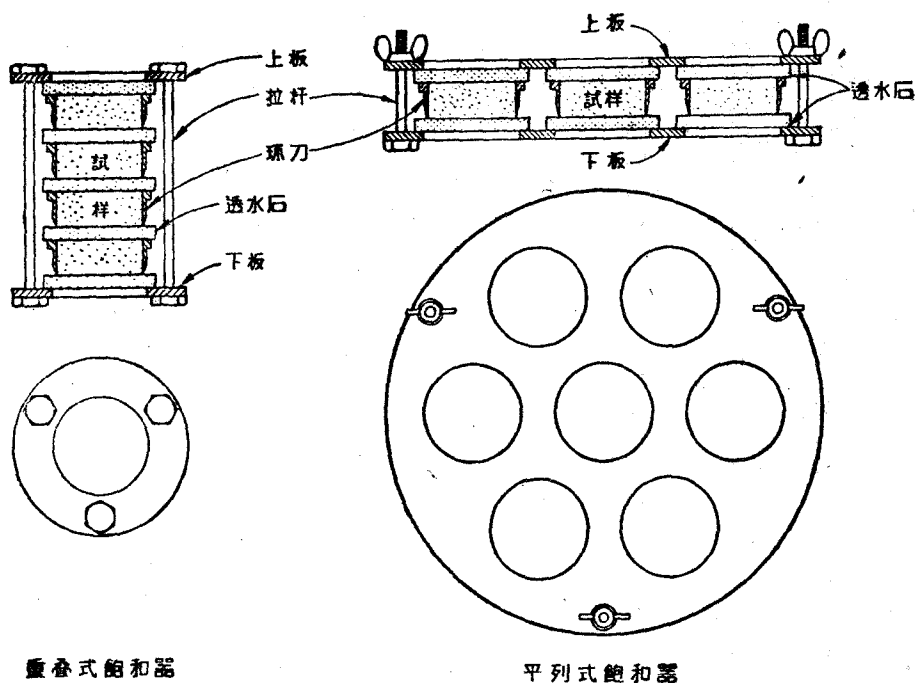


图2 飽和器

气体得以排出。

三九、关上箱盖，防止水分蒸发，静置数日，借土的毛细管作用使试样饱和，一般约需三天。

四〇、取出饱和器，松开螺絲，取出环刀，擦干外壁，吸去表面积水，取下试样上下滤纸，称环土合重，准确至0.1克，并计算饱和度。

四一、如饱和度小于95%时，则应延长饱和时间。

真空饱和法

仪器设备

四二、本方法需用下列仪器设备：

1. 饱和器：尺寸及形式同前；
2. 真空缸：金属的或玻璃的，如系玻璃缸，应加罩，以防炸裂伤人；
3. 抽气机；
4. 水银测压计；
5. 其他：天平(感量0.1克)、硬橡皮管、橡皮塞、管夹、二路活塞、水缸、凡士林等。

操作步骤

四三、按第三六条步骤将试样装入饱和器。

四四、将装好试样的饱和器放入真空缸内，盖缝内应涂凡士林，以防漏气。

四五、关管夹，开活塞(见图3)，开动抽气机，抽除缸内及土中气体，水银测压计达到某一预期高度后，稍微开启管夹，使清水由引水管徐徐注入真空缸内，在注水过程

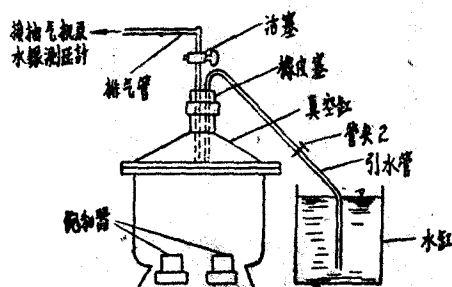


图3 真空飽和法裝置

中，应调节管夹，使水银测压计的水银柱高度基本上保持不变。

四六、待饱和器完全淹没水中后，即停止抽气，将引水管自水缸中拉出，令空气进入真空缸内，静待一定时间，借大气压力使试样饱和。

四七、按第四〇条步骤取出试样，称重，计算饱和度。

計 算

四八、按下式计算干土重：

$$g_s = \frac{g_0}{1 + 0.01w_0}.$$

式中 g_s ——干土重，克；

g_0 ——风干土重(或天然湿土重)，克；

w_0 ——风干含水量(或天然含水量)，%。

四九、按下式计算土样制备含水量所需的加水重：

$$g_w = \frac{g_0}{(1 + 0.01w')} \times 0.01(w' - w_0).$$

式中 g_w ——土样所需的加水重，克；

g_0 ——风干含水量时土样重量，克；

w_0 ——风干含水量，%；

w' ——土样所要求的含水量，%。

五〇、按下式计算制备扰动土试样所需的总土重：

$$g_0 = (1 + 0.01w_0)\gamma_d V,$$

式中 g_0 ——制备试样所需总土重，克；

w_0 ——风干含水量或天然含水量，%；

γ_d ——制备试样所要求的干容重，克/立方厘米；

V ——计算出的击实土样体积，或压样器、击样器所用环刀容积，立方厘米。

五一、按下式计算制备扰动土试样应增加的水量：

$$\Delta g_w = 0.01(w - w_0)\gamma_d V.$$

式中 Δg_w ——制备扰动土试样应增加的水量，立方厘米；

w ——要求的含水量，%；

其余符号同前。

五二、按下式计算饱和度：

$$G = \frac{(\gamma - \gamma_d)\Delta_s}{\gamma_d \varepsilon}, \text{ 或 } G = \frac{w\Delta_s}{\varepsilon}.$$

式中 G ——饱和度，%；

γ ——饱和后的容重，克/立方厘米；

γ_d ——干容重，克/立方厘米；

ε ——孔隙比；

Δ_s ——土粒比重；

w ——饱和后的含水量，%。

五三、扰动土试样制备记录格式如下：