

土壤之物理與水文性質檢驗規範
及
確定大孔土下沉性質規範

中國科學院長春綜合研究所

1953

原 序

當製定本規範時，曾感到介紹實驗室土壤試驗最完善的操作方法是原則上所不可缺少的。

同時因考慮到莫斯科水力發電工業局（Мосгдэп）中央工程地質試驗所，及其分所實驗室現有設備的性能及本規範準備作為每日工作必須遵循的標準，所以此地祇限於介紹實驗室現有設備可能操作的及目前最廣汎應用的一些試驗方法。

我們想規範中所提到的試驗方法是對大家有幫助的，因為它能使試驗標準化，同時遵循這些方法可保證做到最完善的地步。

在這樣的意圖下製定本規範時，一直是吸取了蘇聯水力發電工程管理總局（Главгидроэнесгострол）的豐富經驗，首先是莫斯科水力發電工業局中央工程地質試驗所的工作經驗。

當編纂這些試驗的時候，他們的操作方法，曾根據其他各機關的經驗以各種文獻資料而作了批評指正。實驗室試驗工作上所需要的參考書均附錄於本規範的後面。

本規範的問世祇是完成了第一步，進一步的成就還有待於在實際試驗工作當中培植出來最完善的實驗方法。

譯 序

這份資料的原文是由東北電業管理局蘇聯專家小組沙得里娜專家處抄來的，由本所編譯組及電業局設計處編譯組共同譯出，當編譯這份資料的時候雖發現抄稿有些遺漏的地方（如附錄，計算圖表及 92 條等），但難於向沙得里娜專家取得聯繫，所以也只好就現有的譯文付梓，限於我們對於這方面的認識很膚淺，其中也難免有錯誤的地方，這應由譯者負責，敬希識者多加批評指正。

1952年10月15日

土壤之物理與水文性質檢驗規範

目 錄

原 序	
譯 序	
一、土壤的顆粒分析	1
I、一般概念	1
II、分析土壤的製備	1
III、土壤的顆粒分析法	2
(1) 篩分析法	2
(a) 屬於砂巴寧連續分析法的粘土質及塵狀的砂	2
① 不含 > 2 公厘粒子的砂	2
② 含 > 2 公厘粒子的砂	3
(6) 不屬於砂巴寧連續分析法的清淨砂	3
(2) 砂巴寧法	3
(a) 含粒徑 < 0.01 公厘粒子的土壤之分級測定	4
(6) 含粒徑 0.05—0.01 公厘粒子的砂	5
(3) 斐賓尊法	6
(4) 比重計法	10
(5) 盧特科夫斯基法	14
(a) < 0.005 公厘的粘土粒子含量測定	14
(6) 砂土粒子 (1.0—0.05 公厘) 含量測定	14
(b) 塵狀粒子 (0.05—0.005 公厘) 含量測定	14
二、濕 度	15
三、容 重	16
(1) 天然狀態或接近天然濕度未經擾動的粘性土壤容重之測定	16
(a) 環刀法	16
(6) 石臘法	17
(2) 結構已經破壞的疏松土壤容重之測定	18
(a) 最大密度狀態砂土容重之測定	18
(6) 最小密度狀態砂土容重之測定	18
四、比 重	19
五、孔 隙 度	20
六、飽 和 度或濕潤程度	21
七、可 塑 性	22
(1) 可塑性限界之測定	22
(a) 塑性上限界之測定	22

(6) 塑性下限界之測定.....	22
(2) 塑性指數之計算.....	23
八、最大分子吸濕度.....	23
九、土壤緊硬度.....	24
十、土壤濕化.....	24
十一、自然傾斜角.....	24

確定大孔土下沉性質規範

目 錄

原文序	27
I、總 則	29
II、確定大孔土下沉性質的精確方法.....	30
III、確定大孔土下沉性質的簡易方法.....	32
附 錄	
1、以精確方法確定大孔土下沉性質的實驗室記錄格式.....	34
2、以簡易方法確定大孔土下沉性質的實驗室記錄格式.....	35
3、以簡易方法確定大孔土下沉性質所使用的儀器.....	37

土壤之物理與水文性質檢驗規範

一、土壤的顆粒分析

I、一 概 般 念

土壤顆粒分析是確定土壤的粒狀或機械組成的試驗。

由土壤的粒狀或機械組成可以瞭解土壤中各種粒子所佔的百分數。

由此可見：土壤顆粒分析在於把土壤依其粗細分成各種級別，並測定此等級別所佔的乾土重量百分數。

目前，土壤的顆粒分析方法很多，在本規範中所注意的一些方法祇是廣被利用並且是莫斯科水力發電工業局中心水工試驗所所採用的主要土壤顆粒分析方法。

(a) 含有鹽堦的粘土所用的方法：

1、比重計法

2、婁賓魯吸管法，

粗於 0.1 公厘的粒子用篩分析，

(б) 粘土質塵砂所用的方法：

1、砂巴寧沉澱法。粗於 0.05 公厘的粒子用篩分析。

(в) 清潔的砂所用的方法：

1、篩分析法，

II、分 析 土 壤 的 製 備

1、用作顆粒分析的土壤，須晒到風乾狀態，因之須將土壤的所有粗塊與團粒用頂端有膠皮的搗棒粉碎（如含有相當多的水分時要用手搓），然後，攤散在一張大的紙上，土層可較薄並在空氣中乾燥 3~5 晝夜。

粘土質土壤和鹽堦不允許在爐子、壁爐上和烘箱中加速乾燥。

2、從風乾的土壤中採取平均試料，平均試料的採取量全視土壤組成的同類性如何為轉移，同類的土壤愈少，則平均試料的採取量就需要愈多。

平均試料的採取法如次：

將全部的風乾土壤放在一張紙上，用刀或尺仔細摻合，攤成薄薄一層，並且分成四分，取掉交叉的兩分；其餘兩分仍然摻合在一起，並重新攤勻分成四分。按此操作反復進行，直到只剩所需之土量為止。

3、這樣將風乾之平均試料盛入瓷製乳鉢中，用頂端帶膠皮的搗棒捻研之。然後，如係粘土質土壤則以 0.5 公厘篩篩之；如係砂土則以 2 公厘及 0.5 公厘篩篩之（詳見篩分法）。

未能通過 0.5 公厘篩之凝結小土塊，則再一次於瓷製乳鉢中用頂端帶膠皮的搗棒捻研之，然後重新用 0.5 公厘篩篩之。反復此種操作，直到凝集的小土塊全部捻碎為止。

（註）：在粘土質土壤試料中，含有砂礫或其他物質，當篩分時候，殘留在篩網的上面，在全部試料篩完之後，須將其歸攏到篩過的土壤試料中去。

Ⅲ、土壤的顆粒分析法

(1) 篩分析法

4、進行篩分析時，需要有一套圓孔或方孔，孔徑為：10.0；5.0；3.0；2.0；1.0；0.5；0.25；0.10 公厘的篩子。

這樣的一套篩子，可以把土壤分成如次的各種級別：10.0 公厘；10.0—5.0 公厘；5.0—3.0 公厘；3.0—2.0 公厘；2.0—1.0 公厘；1.0—0.5 公厘；0.5—0.25 公厘；0.25—0.1 公厘；及 0.1 公厘。

5、將各篩由上面起按着孔徑 10.0 公厘，5.0 公厘等的順序依次嵌成一疊，掩上蓋子，即時放到淺盤上。

6、將已經秤完重量的土壤試料，倒入最上面的篩中，一直篩到相當於各篩孔徑大小的土粒子完全分開為止。

進行篩分析時，要向水平方向搖動，並以手掌從側面輕叩篩緣。

7、用下述方法檢查篩分進行的程度：

解開篩疊，將篩放在一張白紙上面輕叩搖動，須篩到各篩不能通過土壤粒子時為止。

8、在土壤通過全部篩子，篩分完了時，在天秤上秤量殘留在每個篩子上的土粒子的重量，而後算出各種土粒子對全部分析試料的重量百分數。

(註)：各種級別土粒重量的總和與分析時所採取的試料的重量之差，不應大於 1%。

9、依第二節所示的方法，從風乾的土壤中採取平均試料，其採取量如下：

100~300 克……不含 2 公厘粒子的土壤，

300~900 克……含 2 公厘和不小於 2 公厘的粒子不超過 10% 的土壤。

1000~3000 克……含大於和不小於 2 公厘的粒子 10~30% 的土壤。

5000 克……含上述之粒子相當多的土壤。

同時採取 5—10 克風乾土壤用作測定土壤吸濕含水量的試料。

(a) 屬於沙巴寧連續分析法的粘土質及塵狀的砂土。

① 不含 > 2 公厘粒子的砂。

10、用前述方法取得的風乾土壤平均試料 100 克，在瓷製乳鉢中用頂端帶着膠皮的搗棒捻研之，並用孔徑 0.5 公厘的篩篩之。

全部平均試料被捻研和過篩後，以天秤分別秤量殘留的和通過 0.5 公厘篩的土粒的重量，其重量的總和，是分析計算時的總重量。

11、把通過 0.5 公厘篩的土粒子保存起來，以備作後述之砂巴寧法分析之用。

12、將殘留在 0.5 公厘篩上面的土粒子放入瓷杯中，加水浸之，並用手指捻研，經過 2——3 分鐘，將水與土粒由杯中倒出，通過 0.5 公厘篩，殘留在杯中的土粒，再加水，繼續捻研土粒和傾倒渾水，直到土粒清淨為止。然後，將杯中的土粒倒在 0.5 公厘篩上，將篩放在有水的容器中，使篩在水中作垂直（向上、向下）及水平的（向右、向左）的運動，繼續把土粒洗清潔。

為了避免土粒破壞起見，不宜在篩上捻研土粒。

13、為了檢查清洗是否澈底，將盛着土粒子的篩，移到盛有清水的容器中，繼續清洗過篩的土粒子。

14、殘留在 0.5 公厘篩上的土粒清洗後，將土粒子趁濕倒入瓷杯中乾燥之。

15、乾燥後，將砂重新倒置在一張白紙上的篩中篩之，以檢查清洗的是否充分。如仍有土粒通過篩孔時，要繼續進行篩蕩，一直篩到澈底為止。

16、將殘留在 0.5 公厘篩上的粒子倒入瓷杯中，並以天秤秤其重量。

17、總重量（第 10 條）與大於 0.5 公厘粒子重量之差即為小於 0.5 公厘粒子之重量。

18、計算小於 0.5 公厘粒子之含量百分數，是以總的重量除小於 0.5 公厘粒子的重量，再乘 100。

19、爲了區分大於 0.5 公厘的土粒子用孔徑 2.0 及 1.0 公厘的篩篩之，然後秤量殘留在各篩中土粒子的重量，並求其對分析用土壤總重量的百分數。

② 含大於 2 公厘粒子的砂

20、依第 2 第 9 兩條，採取平均試料，放入瓷製乳鉢中，用頂端帶膠皮的搗棒捻研之，並通過 2 公厘及 0.5 公厘篩。

捻研和過篩的方法完全依照第三條。

21、分別秤量殘留在 2.0 公厘篩、0.5 公厘篩上面及通過 0.5 公厘篩之土粒之重量。

三者重量之總和即分析計算之總重量。

22、殘留在 2.0 公厘篩上的粒子要過篩，乾燥、秤量和以 2.0；3.0；5.0；及 10.0 公厘篩篩分爲各種級別，然後秤量殘留在各篩上面土粒子之重量；並算出每級土粒含有量對總重量的百分數。

23、殘留在 0.5 公厘篩上的粒子，按第 12；13，14，16 及 19 各條操作法處理之。

24、將通過 0.5 公厘篩的土粒子保存起來，備沙巴寧法連續分析時使用。

(6) 不屬於沙巴寧連續分析法的清淨砂

25、依第 2 第 9 兩條採取風乾土壤的平均試料；用頂端帶膠皮的搗棒於瓷製乳鉢中捻研之，並用孔徑 10.0；5.0；3.0；2.0；1.0；0.5；0.25 及 0.10 公厘之各篩篩之。

26、以天秤秤量殘留在各篩上面土粒子之重量，並算出各級土粒子對總重量的百分數，數據按表 1 方式記錄之。

(2) 砂 巴 寧 法

沙巴寧顆粒分析法的原理，是根據土粒子在平靜的液體中沉降速度的不同，而將土壤分成各種級別。

土粒子沉降時間的計算可應用下表所示之沙巴寧或斯脫克速度。

粒徑 (公厘)	沙 巴 寧 速 度 公 分/秒	斯脫克速度 (當比重=2.65 溫度=17°C 時) 公分/秒,
0.05	0.2 (1 公分需 5 秒)	0.2067
0.01	0.02 (1 公分需 50 秒)	0.0032
0.005	0.00044 (1 公分需 35 分)	0.0021
0.001	0.00012 (1 公分需 2 時 24 分)	0.00008

依照 1940 年土壤研究會議之決定，土壤粒子沉降速度計算的基本公式是採用斯脫克理論公式：

$$v = \frac{2}{9} \cdot g \cdot r^2 \frac{\gamma_0 - \gamma_1}{n}$$

式 中：v：土粒子的沉降速度，(公分/秒)；

g：重力加速度 (莫斯科爲 981.52 秒秒公分)；

r：土粒子半徑 (公分)；

γ_0 ：土粒子比重；

γ_1 ：水之比重，(水的密度)視溫度而定，由表中查取。

n：水之粘滯係數 (視溫度而定由表中查取)。

這個方法適用於任何一種土壤，然實際上它只能適合於砂質或鹽堿質土壤。因爲在此等土壤中含有相當多的 0.01 公厘的粒子，不需要進一步去分級。

按此法以沙巴寧儀器進行顆粒分析，沙巴寧儀器是由自底起有 2，4，6，8，10，12 公分等刻度的平底量杯，彎曲自動虹吸管調節台、水壺，磁碗，頂端有膠皮的玻璃棒、洗滌器、孔徑 0.25 及 0.10 公

厘的篩所組成。

(註)：沙巴寧虹吸管是一種U型勻曲玻璃管，管徑10—11公厘，厚0.45公厘。

虹吸管在放入盛懸液的玻璃杯中的一端須備有金屬網，其孔徑為0.25公厘。

測定程序

27、在風乾土壤篩分析後，從通過孔徑0.5公厘篩的土粒中，採取平均試料。

將土壤試料用刀子或尺仔細摻合，在紙上攤成幾公厘厚的薄層，並分割成邊長3.5——4公厘的方塊。

從這些棋盤形方塊中用薄刀採集土壤（取整個一方塊），仔細取出全部細粒。

也可以從每個方塊中收集一小部份土壤，以便從其中提取分析必需的一份。

28、同時，從這些土壤中，還要取一些試料，作為測定吸濕含水量的試料，以便測定分析用的試料在絕乾狀態的重量，此重量須用下式求之：

$$Q_a = \frac{Q_b}{1 + 0.01w} \dots\dots\dots (2)$$

Qa：在絕乾狀態時的土重（克）。

Qb：所取分析用的試料重（在風乾狀態下）（克）。

W：吸濕含水量（%）

29、將所採取分析用的土壤試料移入平底的長頸瓶中，瓶的容積為250立方公分。

30、向容器中倒入50西西（10倍於土壤試料的容積）蒸溜水或煮沸了的自來水，並將瓶中的試料煮沸一小時（由沸騰時算起），預先要加入10滴（1西西）濃度25%的氨水。

(註)：在煮沸瓶中試料時，首先用塞子把瓶頸塞上，此瓶塞上須附有逆流冷凝器或包有濕濾紙，長12—15公分的玻璃管。

31、煮沸後，冷卻盛着懸液的瓶子，並將瓶中試料移入瓷杯中，用清水仔細沖洗附在瓶壁上的所有土粒，在瓷杯中用頂端帶膠皮的玻璃棒或以手指套上膠皮指套捻研之。然後將其倒入燒杯中沉澱。

(a) 含粒徑<0.01公厘粒子的土壤之分級測定

32、向玻璃杯中加水到8公分的標記處，用頂端帶膠皮的玻璃棒攪拌其內容物，然後使其澄清一個時候；並用虹吸管將刻度2公分以上的渾濁的液體移入大燒杯中。

(註)：為了使液面止於杯之2公分刻線之水平面上，在向杯中放虹吸管時，應使下管端比杯之2公分刻線高出1公厘。

33、進行懸液之澄清和抽出，須遵守下列條件：

比重 γ_s 為2.65之土壤，溫度為17°C的懸液，依斯脫克公式計算其時間：

抽出的起止刻線	抽出液層的高度 (公分)	澄清的時間	抽出的次數
由8到2	6	12分5秒	4
由6到2	4	8分4秒	4
由4到2	2	4分2秒	到沉澱完了，

34、作完第一次抽出後，要用蒸溜水把盛殘餘懸液的玻璃杯充滿到刻度處。

(註)：1、用沙巴寧法分析含有極少量0.01公厘粒子的砂時，6公分的液層（由8到2）的抽出可以不作，而以4公分液層（6——2）開始抽出。

2、杯中的懸液必須精細地作週期的攪拌。

35、進行沉澱直到液層澄清（經過4分2秒）為止，此時，在4——2刻度之間將不復存在指定

的土粒子。

36、爲了檢查沉澱是否進行得充分，向玻璃杯中倒蒸溜水到 8 公分的刻度處，攪拌之，如經過 12 分 5 秒， $\gamma_0=2.65$ ，溫度 $=17^\circ\text{C}$ 之被試驗土壤，在刻度 8 與 2 之間液層中不復存在指定的粘土粒子（ <0.01 ）公厘）時，即認爲沉澱完了。如在前述液層中含有指定的粒子時，則要繼續進行沉澱（由 4——2）。

37、沉澱過程完了後，可以把含有 $d<0.01$ 公厘的粒子的土壤懸液從大燒瓶中拋掉（倒入盆或桶中）或者將其保存起來，備必要時以婁賓尊法作連續分析時使用。

（6）含粒徑 0.05—0.01 公厘的粒子的土壤之測定

38、在玻璃杯中的殘渣裡，含着粗細爲 0.5—0.01 公厘的粒子。爲了從此殘渣中分離出 0.05~0.01 公厘一級土粒子，在虹吸管出口的下面另置一燒瓶，依前述的方法進行沉澱。沉澱所用的時間是依斯脫克公式算得的粒徑 $d=0.05$ 公厘粒子之沉降時間。但 $\gamma_0=2.65$ $t=17^\circ\text{C}$ 。

抽出的起止刻綫	抽出液層高度 (公分)	澄清延續的時間	抽 出 次 數
由 8 到 2	6	29 秒	4
由 6 到 2	4	19 秒	4
由 4 到 2	2	10 秒	至沉澱完了

（註）：第 34 條之註 2 對此亦適用。

39、進行沉澱，直到 4——2 刻線間之液層不含指定的土粒子爲止。

40、檢查沉澱的是否完全，可依第 36 條進行，經過的時間需爲粒徑 $d=0.05$ 公厘的粒子所需要的時間。

41、將玻璃杯中的沉澱物（ $d=0.5\sim0.05$ 公厘的粒子）移入予先秤好重量的耳壩中，放在沙浴上蒸發，和放入烘箱中乾燥（至恒重爲止），秤重，和過 0.25 與 0.10 公厘的篩，分成 $d=0.5-0.25$ ； $0.25-0.10$ ； $0.10-0.05$ 公厘各級，然後秤各級土壤的重量。

42、在被抽出的懸液中，含着粒徑 $d=0.05-0.01$ 公厘的粒子，在澄清後，用虹吸管將多餘的液體抽出，將沉澱物移入耳壩中，放在沙浴上蒸發，並放入烘箱中乾燥（至恒重爲止），以後秤其重量，填入記錄紙中。

43、總計粒徑 $d=0.5-0.25$ ； $0.25-0.10$ ； $0.10-0.05$ 及 $0.05-0.01$ 公厘各級土粒之重量，求其與沉澱時所取試料重量之差，即得粒徑 $d<0.01$ 公厘一級土粒之重量。此後計算各級土粒子的百分數，此時以沙巴寧法沉澱時所取試料之絕乾重量作爲 100%。

如果土壤除了 <0.5 公厘的土粒以外還含有 >0.5 公厘的土粒時，則須由按沙巴寧法沉澱所取之土壤中，求出 <0.5 公厘土粒的百分數。

計 算 例

設篩分析試料爲 500 克，而

$$\text{粒徑 } d>0.5 \text{ 公厘的土粒子爲 } 215 \text{ 克，即 } \frac{215 \times 100}{500} = 43.0\%$$

$$\text{粒徑 } d<0.5 \text{ 公厘的土粒子爲 } 285 \text{ 克，即 } \frac{285 \times 100}{500} = 57.0\%$$

因之粒徑 $d<0.5$ 公厘的粒子之重量佔全部之 57%，此部分土粒子必須分爲各級。

設以沙巴寧法分析土壤時，所取之粒徑 $d<0.5$ 公厘的土粒子之絕乾重量爲 4.78 克。

篩分析與沙巴寧法分析結果，各級土粒之重量：

$$d=0.5-0.25 \text{ 公厘級土粒重 } 3.00 \text{ 克, 即 } \frac{3.00 \times 57}{4.78} = 35.77\%$$

$$d=0.25-0.10 \text{ 公厘級土粒重 } 0.60 \text{ 克, 即 } \frac{0.60 \times 57}{4.78} = 7.16\%$$

$$d=0.10-0.05 \text{ 公厘級土粒重 } 0.40 \text{ 克, 即 } \frac{0.40 \times 57}{4.78} = 4.77\%$$

$$d=0.05-0.01 \text{ 公厘級土粒重 } 0.40 \text{ 克, 即 } \frac{0.40 \times 57}{4.78} = 4.77\%$$

各級土粒子百分數總計:

$$35.77 + 7.16 + 4.77 + 4.77 = 52.47\%$$

因此 0.01 公厘一級土粒子佔

$$57.00 - 52.47 = 4.53\%$$

(3) 婁賓尊法

婁賓尊顆粒分析法, 同樣是以土粒子在水中沉降的各種不同的速度為原則的。它和沙巴寧的沉澱分析法很相似。

婁賓尊顆粒分析法, 旨在於攪拌土壤懸液後經過一定的澄清時間, 自液面下某種深度處用吸管採取少許之懸液試料。

將試料乾燥後, 測定固結的殘餘物重量, 即測定那些不能在當時落到低於採取試料處的粒子。懸液的全容積較所取試料的容積大多少, 則在所分析的土壤中即含有比這些粒子的重量大多少倍的粒子。

取下一個試料, 須在較大粒沉降之後, 此時所取得之試料為土壤中之較小的粒, 餘類推。

用婁賓尊法進行顆粒分析時, 與沙巴寧法聯系起來使用或獨立使用都可以。

莫斯科水力發電工業局中心水工試驗所規定此法只應用於鹽浸粘土質土壤, 但須予先將可溶性的鹽分洗淨。

因此, 在進行土壤測定時, 要用下面的方法: 取通過 0.5 公厘篩的乾土平均試料約 2 克, 在盛有 456 西西蒸溜水的瓷杯中, 用頂端帶膠皮的搗棒捻研之, 再加水 25 西西, 煮沸 5—10 分鐘, 爾後通過漏斗注入容積約為 30 西西的玻璃試管中, 靜置澄清到次日, 如懸液經過此段時間由外面 (沉澱物的上部是疏鬆的, 毛屑狀的) 明顯的看到固結時, 則知在被分析的土壤中含着可溶性的鹽分, 需要進行清洗。

通常用婁賓尊法分析時所採試料之粒徑為 $d < 0.05 < 0.01 < 0.005 < 0.001$ 公厘, 將被分析的土壤分成下列各級:

- 1) 0.05—0.01
- 2) 0.01—0.005
- 3) 0.005—0.001
- 4) 0.001

粒徑 $d > 0.10$ 公厘土粒子之測定用篩分析法, 而粒徑由 0.10 至 0.05 公厘一級粒子依其差數求出。

在搖蕩後懸液澄清的時間, 由土壤粒徑, 土壤比重, 懸液的溫度和採取試料的深度而定, 依斯脫克公式算求之。用婁賓尊法進行顆粒分析必須有: 容積 30 西西的專用吸管, 台子 (在台子上以夾子夾住吸管), 精製的玻璃量筒, 容積 50 西西的瓷坩堝。

測定程序

44、取通過 0.5 公厘篩之風乾土壤平均試料，其試料量爲：粘土 10 克，砂質粘土 15 克，重鹽母土 20 克。平均試料依第 27 條所示之方法採取，同時另外採取風乾土壤試料 5—10 克，用以測吸濕含水量（以便由風乾土重量中重新計算絕乾土重量參照第 28 條）稱量重量須用精度達 0.01 的天秤。

45、將試料（10, 15 或 20 克）放入瓷杯中，倒入蒸溜水，用刮刀仔細攪拌。

46、將準備好的糊狀土壤移入玻璃漏斗中，漏斗中要敷以濕潤的濾紙，將土壤放進漏斗中之後，用熱蒸溜水沖洗之。在漏斗的下面放一燒杯，用以收集濾液。附在瓷杯上的土粒要用水沖入漏斗中。

（註）：濾紙的上緣應該較漏斗邊低 2—3 公厘。

47、在第一次由瓶向漏斗中倒水濾過後：繼之要週期的淋以流暢的水流，使在土壤的上面經常保持高 5 公厘的液層。

48、爲了避免土壤當繼續沖洗以及夜間乾涸時在漏斗中受沾污，可用錶皿將漏斗蓋上。

49、清洗完結與否要依加 AgNO_3 及 BaCl_2 於濾液時有無反應來決定。進行此項操作時要用不同的試管取 3—5 西西的濾液。

50、可溶性鹽分清洗是否完全的復查試驗，在一天中須進行 1—2 次。

當可溶性鹽分，實際上被洗淨之後，將土由漏斗移入瓷杯中，仔細沖洗粘附在濾器上的所有土粒，濾液要倒入一個容器內（如果濾液未收在一個容器中時），測濾液的容積，在測定後檢查清洗過程。仔細攪拌（搖蕩），並取 2 份 50 西西的試料，及預先秤量過的玻璃瓶，開始蒸發之，爾後在烘箱中乾燥到恒重。

51、可溶性鹽含量用它對於絕乾土壤之 % 表示，依下式求之：

$$X = \frac{g_2 V'}{V Q_a} \cdot 100 = \frac{g_1 \cdot 100}{Q_a} \dots (3)$$

式 中：x：在被試驗的土壤中含鹽分的 %。

g_2 ：在 50 西西的濾液中所含鹽分的平均重量。

V：爲測定鹽分所取之濾液之平均容積。

V' ：濾液的全容積（西西）。

Q_a ：分析時所取之絕乾土重（包括鹽分）（克）。

g_1 ：在全濾液中，鹽分含量（克）。

52、將土壤由濾器移入 250 西西的三角燒杯中，仔細沖洗附在杯上的所有土粒子，注入蒸溜水，其容積相當於土重之 10 倍，再加入 10 滴濃氨水，煮沸 1 時（以水沸騰時算起），煮沸的方法完全依照第 30 條。

53、煮沸後，將冷卻的懸液由瓶內移入大的瓷杯中，仔細沖洗附在瓶壁上的土粒，攪混後澄清一些時間，倒混濁的懸液於 0.1 公厘的篩上，通過篩孔流入另外一個瓷杯中，再由此杯將懸液小心地沿短玻璃棍移入清潔的量筒中。

54、用指套上膠皮套或膠塞仔細捻研盛在第一瓷杯中的糊狀土壤，而後倒入蒸溜水，攪拌土壤使成混濁的液體，通過篩子流入第二個瓷杯中，最後倒入量筒中。

55、在每次懸液通過篩子後，將篩倒置在第一個杯子上面，並以蒸溜水沖洗之。

56、進行捻研和攪拌直到第一個瓷杯中只餘清淨的砂粒爲止。此後將殘留物由第一個瓷杯移到篩上（依水流的壓力），此時篩子是放在第二個瓷杯上，並以蒸溜水沖洗之。

57、在砂子洗完時，由 0.10 公厘篩藉蒸溜水流的壓力移入不大的瓷杯中，澄清一些時間，倒出多餘的水分，將盛砂的瓷杯放入烘箱中乾燥之。

58、乾燥後，用 0.10 及 0.25 公厘的篩篩砂，並秤量篩分出來的各級（0.5—0.25, 0.25—0.10, 0.10 公厘）土粒子的重量，將各級土粒子之重量記入記錄簿的相當欄內。

(註)：0.10 公厘的粒子宜撒入盛懸液的量筒中。

59、將第二個瓷杯中的洗液（在清洗篩上殘留物之後）。倒入盛懸液的量筒中，量筒中懸液的容積須等於 1 公升，如少於 1 公升時，則須加入必要量的蒸溜水；大於 1 公升時，則須將懸液裝入大的瓷杯中，放在沙浴上蒸發之，使其稍稍濃縮。

60、注氨水於懸液中，至呈弱臭味的程度，在量筒中，用攪拌棒仔細的攪拌 1 分鐘，進行由上而下由下而上的運動約 30 分鐘，在攪拌完了時，要記錄澄清開始的時間，於每次取試料後，在量筒中須進行同樣的懸液之攪拌。

61、用吸管從懸液的液面下 10 公分處，採取含有下示各種粒徑之試料：

- 1) 粒徑 $d < 0.05$ 公厘的土粒子；
- 2) 粒徑 $d < 0.01$ 公厘的土粒子；
- 3) 粒徑 $d < 0.005$ 公厘的土粒子；
- 4) 粒徑 $d < 0.001$ 公厘的土粒子；

62、在攪拌後，試料採取的時間或懸液澄清延續的時間是依專用的圖表來決定的，在圖表上載有依斯脫克理論公式計算出來的各種粒子之沉降速度，這個速度是和粒徑、取樣深度、懸液溫度及土壤的比重有關聯的（參照附錄第 22）。

(註)：在分析時把溫度計也放入盛水的量筒中，以測定懸液的溫度。

當採取粒徑 < 0.05 ； < 0.01 ； < 0.005 公厘的試料時，測溫 1 次；當採取粒徑 < 0.001 公厘的試料時要測溫 3 次；第一次在攪拌之後，第二次在澄清時距中間，第三次在取試料之前，懸液澄清時間計算溫度 $t^{\circ}\text{C}$ 是採取三次測定的平均值，第二次及第三次測定溫度的時間，由第一次測溫可以概略的計算出來。今舉澄清懸液（採取試料）時間計算例於次：

土壤比重 2.70，懸液溫度 17°C 。粒徑 < 0.001 公厘的土粒子，在懸液攪拌後，依照斯脫克理論公式計算，經多長時間可以取試料？

由垂線 III 找到土壤比重之值 (2.70)，在垂線 II 上找到懸液溫度 (17°C)。用直尺聯結此兩點，求此聯線與垂線 I 之交點，更用直尺聯結此點與垂線 IV 上相當於粒徑 0.001 公厘之點，直尺與垂線 V 之交點即粒徑 0.001 公厘的土粒子之沉降速度。

聯結此點與在垂線 VII 上左面相當於吸管沒入深度 (10 公分) 的點，在直尺與垂線 VI 的交叉處得到所求之澄清時間等於 30 小時。

63、用吸管取懸液應停留的時間如下：

- 第 1 個試料粒徑 < 0.05 公厘約 5 秒。
- 第 2 個試料粒徑 < 0.01 公厘約 15 秒。
- 第 3 個試料粒徑 < 0.005 公厘約 30 秒。
- 第 4 個試料粒徑 < 0.001 公厘約 30 秒。

64、將懸液試料由吸管注入予先秤好重量的秤量瓶或瓷坩堝中，其容積約為 50 西西，在取試料後，以蒸溜水洗吸管，洗液也注入秤量瓶或瓷坩堝中，為蒸發水分將盛懸液的秤量瓶（或坩堝）放在沙浴上，然後將其放入溫度為 105°C 的烘箱中，乾燥到恒重為止。乾燥後，用精度到 0.0001 克的天秤秤其重量。

65、依下列進行分析的計算：

(a) 在風乾狀態土重等於 10.20 克，予先測得該土之吸濕含水量等於 5.10%，則在絕乾狀態時之重量將等於：

$$\frac{100}{1 + \frac{5.10}{100}} = \frac{10.20}{1 + 0.051} = \frac{10.20}{1.051} = 9.73 \text{ 克。}$$

(б) 設在被試驗之土壤中含鹽分爲0.0201克時，則被分析的土壤之重量等於 $0.73 - 0.0201 = 9.71$ 克。

(в) 用試管採取之試料，其在乾燥後之重量，如下所示：

第1個試料含粒徑 <0.05 公厘的粒子……0.2000克。

第2個試料含粒徑 <0.01 公厘的粒子……0.1700克。

第3個試料含粒徑 <0.005 公厘的粒子……0.1000克。

第4個試料含粒徑 <0.001 公厘的粒子……0.0400克。

(註) 爲計算上方便試料重量要取整數，

(г) 測定吸管中被分離出來的土壤之重量，爲此須由每個前一個試料的重量減去次一個試料的重量：

粒徑 $d=0.05-0.01$ 公厘的土粒子；

第1個試料含粒徑 $d<0.05$ 公厘的土粒子……0.2000克。

第2個試料含粒徑 $d<0.01$ 公厘的土粒子…… $\frac{0.1700\text{克}}{0.0300\text{克}}$

粒徑 $d=0.01-0.005$ 公厘的土粒子

第2個試料含粒徑 $d<0.01$ 公厘的土粒子……0.1700克。

第3個試料含粒徑 $d<0.005$ 公厘的土粒子…… $\frac{0.1000\text{克}}{0.0700\text{克}}$

粒徑 $d=0.005-0.001$ 公厘的土粒子

第3個試料含粒徑 $d=0.005$ 公厘的土粒子……0.1000克。

第4個試料含粒徑 $d=0.001$ 公厘的土粒子…… $\frac{0.0400\text{克}}{0.0600\text{克}}$

粒徑 $d=0.001$ 公厘的土粒子

第4個試料含粒徑 $d<0.001$ 公厘的土粒子……0.0400克

(и) 爲了由吸管内各級土粒子的重量求得全懸液中各級土粒子之重量，全懸液的容積比吸管容積大多少倍則將吸管内土粒子之重量增大多少倍即得。

如全懸液之容積爲1公升而吸管之容積爲25西西時則前者的重量比後者大40倍於是；

土 粒 子 級 別	吸管内土粒重(克)	全 懸 液 中 土 粒 重(克)
0.05 — 0.01	0.0300	$0.0300 \times 40 = 1.2000$
0.01 — 0.005	0.0700	$0.0700 \times 40 = 2.8000$
0.005 — 0.001	0.0600	$0.0600 \times 40 = 2.4000$
<0.001	0.0400	$0.0400 \times 40 = 1.6000$

(е) 假定殘留在0.10公厘篩上的土重爲1.30克由其與分析用試料量之差可求出粒徑 $d=0.10-0.05$ 公厘的土粒子之重量。爲此，從分析時所採取的土壤之重量中減去殘留在0.10公厘篩上0.10公厘土粒子及0.05—0.01公厘；0.01—0.005公厘；0.005—0.001公厘； <0.001 公厘各級土粒子之重量即得： $9.71 - (1.30 + 1.2000 + 2.8000 + 2.4000 + 1.6000) = 9.71 - 9.300 = 0.4100$ 克

(ж) 決定各級土粒子含量百分數，

① 在分析的土壤中，不含粒徑 >0.5 公厘之粒子0.10—0.05公厘的土粒子之重量，可由差數求得之；

比重計法是根據於懸液密度的測定，此懸液的密度，是隨其中的土粒子的沉下而變化的。

本法是攪拌準備好的懸液後、經過一定的澄清時間、用帶有0.995至1.030刻度的比重計測定懸液的密度。

爲了簡化比重計測定記錄的手續，可將比重計讀數的個位數丟掉但須將小數點向右移3位，

例如：1.0252可以改書爲25.2。

由比重計的讀數換算被試驗土壤之粒徑，可使用依斯脫克理論公式作成的專用圖表（參照附錄22）。

在被試驗的懸液中，存在着小於某粒徑之土粒其含量百分數可依公式（6）計算之（參照第81條）。

由於做土壤顆粒分析所採用的比重計不能是嚴格相同，因之所利用圖解表也不同，在垂線Ⅶ上左面是標準刻度 H_2 ，右部記有按標準比重計之校正量的刻度 R_2 。

比重計刻度校正及其校正圖解表

爲了校正比重計因之也爲了記入圖表之垂線Ⅶ右面的刻度應完成下述手續：

① 測定比重計球部的容積（立方公分）

爲此，將比重計沉入帶有1西西以上刻度的盛着蒸溜水的量筒中，蒸溜水的溫度爲20°C，沉至最下的刻度處（1.030）時，被逐的水之容積即作爲所求的比重計球部的容積。

例：在有刻度的量筒中，有水900西西，在沉入比重計（至重1.030刻線處）後，水準面上升到953西西刻度處，則所求的比重計球部的容積 $V_0 = 953 - 900 = 53$ 立方公分，

② 測定體積中心，

向容積爲1公升用作懸液分析的玻璃量筒中，倒入20°C的清潔蒸溜水1公升，然後，更向量筒中倒入由計算得到的比重計球部的容積（ V_0 ）之二分之一（ $V_0/2$ ）的水量，並在量筒上畫上新水準面的臨時記號。次由量筒中取出多餘的水量（只餘1公升）再將比重計沉入量筒中，直到水面剛達到記在量筒上的臨時記號處爲止。此時比重計球部便沉入到體積中心，保持比重計於這個位置，用尺量由水準面到比重計下面刻度的距離 d 公分即是。

③ 測定比重計刻度的長度即測定在刻度1.030與1.000之間之距離以 l 表示之。

④ 測定玻璃量筒臨時標示處的內徑 d 精確度到1公厘、並依下式算出量筒的斷面積 F 。

$$F = \frac{3.14 \times l d^2}{4} \dots\dots\dots (4)$$

⑤ 依下式由 R_2 （整數由0到30）計算 H_2 。

$$H_2 = \frac{30 - R_2}{30} \times 1 + \left(d - \frac{V_0}{2F} \right) \dots\dots\dots (5)$$

例：中心水工試驗所的比重計No.19456。

$F = 30.5$ 平方公分

$l = 13.02$ 公分

$d = 7.95$

$V_0 = 65$ 立方公分

當 $R_2 = 0$ 時

$$H_2 = \frac{30 - 0}{30} \times 13.02 + \left(7.95 - \frac{65}{2 \times 30.5} \right) = 19.89$$

當 $R_2 = 2$ 時

$$H_2 = \frac{30 - 2}{30} \times 13.02 + \left(7.95 - \frac{65}{2 \times 30.5} \right) = 19.1$$

爲了在圖解上找到每一個 H_2 之值，在垂線Ⅶ左面的刻度上找到與其符合的刻線並通過這條線向其對面劃一條線，在垂線右部便記着相當於所求的值。

爲了解釋載在說明當中的圖解上垂線的特性，在垂線Ⅶ的右部記上了中央水工試驗所比重計No. 19456之 R_2 值。

校正可以進行一次，以後不再重複，直至比重計，圖解與量筒不完整爲止。

用比重計法同時可以進行（以一個比重計）三個分析，這時所用玻璃量筒不得相差 ± 1 公厘以上。

測定程序

66、從準備好的風乾土壤中取平均試料 100—300 克（與土壤之同類性有關）粒徑 >0.5 公厘的粒子用普通篩分析法分析之。

67、由通過 0.5 公厘篩的土壤中取平均試料，其試料量爲：礫礫40克，砂質粘土30克，粘土 20 克；同時取 5—10 克同樣的試料 2 個，以之測定吸濕含水量。

68、將所取之試料（20,30或40克）移入燒瓶中，並倒入比土壤重量多 10 倍的蒸溜水，靜置到次日。

69、到次日向燒瓶中，加 1 西西25%的氨水，並煮沸 1 小時（時間自沸騰時算起）。

70、在煮沸後把冷却了的懸液，自燒瓶移入大瓷杯中，此時須用水仔細沖洗附在燒瓶壁上的土粒。

71、在杯中攪拌（用頂端有膠皮的玻璃棒）懸液，經過一些澄清的時間將渾濁的液體倒入放在另外一個瓷杯上的 0.10 公厘的篩中，其餘的操作完全依第 53,54,55,56,57 及 58 各條進行。

72、開秒表並以專用的攪拌機（攪拌機於玻璃棒的末端附一膠皮輪，棒長60公分，棒徑 8 公厘，膠皮輪徑 5 公分，輪孔徑 3 公厘）在量筒中仔細攪拌懸液 1 分鐘，同時，進行約 30 分鐘的上下運動（調整攪拌機至量筒底部和到液體的表面）。

73、攪拌後立刻小心的向懸液中放入比重計，注意不使比重計碰到量筒壁上。

74、比重計的讀數是根據彎液面的上緣。經過30秒，1分及2分後由量筒中抽出比重計，用清水洗淨並用毛巾擦乾。

按72條規定進行懸液第二次攪拌，在攪拌後立刻小心的把比重計放入懸液中，仍然經過30秒，1分及2分記錄比重計的讀數，而後由量筒中抽出洗淨並擦乾它。

75、進行其次的測定（記錄比重計讀數）依所求之土粒徑爲轉移，經過 5 分，15分，30分，1 小時，2 小時，3 小時，6 小時，24小時等，每次向懸液中放比重計時，須在測定前 5—10 秒，測定後，由懸液中將比重計取出，洗淨並擦乾。

註：在測定時間之中間（即放在外面的時候），可以把比重計放於大的玻璃杯或量筒中，底上放一些濾紙。

76、用兩指持比重計柄的頂部將其沉入懸液中，到較以前的讀數稍深的地方放手任其自由浮動。

77、懸液溫度的測定須用精確度到 0.5°C 的溫度計，在試驗開始後經 5 分鐘把溫度計小心放入懸液中（在量筒的中央）測定 1 次以後，在每次用比重計測懸液密度後，便測一次溫度。

78、全部測定後，爲了得到修正的計算值，對每個原始記錄值要進行矯正，因之對於每一個簡略計算值（如25.2）要矯正其溫度與比重計的零點。

溫度的矯正；可依第21表或依“溫度矯正”比率尺矯正之，祇要在圖上有那樣的比率尺。當溫度高於 20°C 時須加上矯正量，而當溫度低於 20°C 時須由簡略計算值中減去矯正量。因爲當製造比重計時，它的刻度是以 20°C 水爲密度標準的。

79、把比重計放入盛有 20°C 蒸溜水的清潔量筒中，不是指示1.000而是小於1.000，例如0.997時，於此種情形下則零點修正量爲 3 須向簡略計算值中加進這個數值，若將比重計放入盛有 20°C 蒸溜水