

土壤几种质量指标的 快速测定法

Н.П. 柯瓦列夫著
周惠南译

人民交通出版社

本書詳細介紹了H. П. 柯瓦列夫所設計的幾種新儀器：密度-濕度儀，滲透儀，顆粒分析儀。同時亦詳細闡述了利用這些儀器來快速測定土壤某些最重要的物理性和水性指標的方法。

書中對每一種儀器設計的原理，各細部的計算以及儀器的使用和校正方法都作了具體的介紹，並且對於所建議的各種新方法都列有與蘇聯現行國家標準的比較試驗數據，有力地說明了所建議的方法的優越性。

全書由周惠南同志譯校，冀瑞晨同志協助整理。

統一書號：15044·2033-京

土壤幾種質量指標的 快速測定法

Н. П. КОВАЛЕВ
УСКОРЕННЫЕ СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
НЕКОТОРЫХ КАЧЕСТВЕННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУНТОВ
АВТОТРАНСИЗДАТ
МОСКВА-1956

本書根據蘇聯汽車運輸與公路部出版社1956年莫斯科俄文版本譯出

周 惠 南 譯

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

新 華 書 店 發 行

公 私 合 營 慈 成 印 刷 工 廠 印 刷

1957年12月北京第一版 1957年12月北京第一次印刷

開本：787×1092毫米 印張：2張

全書：63000字 印數：1—1850冊

定價(10)：0.40元

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號)

目 录

緒 論	1
土壤密度和天然湿度的快速測定法	4
1. 概論	4
2. 仪器介紹	8
3. 仪器的使用	11
4. 仪器的計算	21
5. 仪器的試驗	31
砂土滲透系数的快速測定法	40
1. 概論	40
2. 仪器介紹	44
3. 仪器的使用	47
4. 仪器的計算	49
5. 仪器的試驗	54
砂土顆粒級配的快速測定法	64
1. 概論	64
2. 仪器介紹	66
3. 仪器的使用	69
4. 仪器的計算	73
5. 仪器的試驗	76
利用密度-湿度仪和滲透仪决定土壤物理力学性質的 其他指标	81
1. 孔隙率的決定	81

2. 砂土的最大与最小孔隙率的决定	82
3. 压实性和相对密度的决定	82
4. 饱和度的决定	83
5. 饱和水容量的决定	84
6. 毛细水容量的决定	85
結 束 語	86

緒 論

在現代道路、桥梁、堤壩、房屋和其他工程結構物的建造工程中，工程地質勘測有着很大的意义，其中土壤的許多物理力学性質指标的實驗室測定又佔有一个重要地位。

設計和施工的質量，工期的縮短和造价的降低，都在很大程度上取決于測定土壤几种主要指标的正确性和速度。但是，在現行的試驗方法中，有很多是不够完善的。其共同的缺点为：

- 1) 實驗室內所进行的試驗与天然条件脫节，因此試样失去其天然性質，而致常常得到不能令人滿意的試驗結果；
- 2) 試驗的时间須拖延到几小时（对于現場實驗室來說）甚至几天（对于固定的試驗室來說），可是在进行工程地質勘測的过程中或进行施工时，却必須知道土壤的性質；
- 3) 土壤試驗机构复杂，因为需要各种的試驗設備、能量来源和試驗工作人員等。

因此，在很多情況下，土壤的質量是根据数量極其有限的試驗或概略地来判断的。

当土壤的質量不同而必須在勘測或建造的进程中經常进行質量檢查时，就特別令人感到不能滿意。在这种情况下，就連有組織的試驗室，由于試驗的时间長，亦不能滿足所提出的要求。

土壤質量指标的試驗方法和試驗技术方面的缺点，正被大多数研究工作者所注意。

Ф.П.薩瓦林斯基在1940年于莫斯科召开的全苏土壤实验室研究会议上所作的报告中指出：各实验室测定土壤物理力学性质的方法是不一样的，并且有时这些方法有着本质上的区别，或者即使是一样的方法，但制备或操作却不相同。这就使得对于同一种土壤，各实验室所得出的特性和物理力学性质数值却不一样。

现时，有很多研究者正在研究改进土壤物理力学性质的试验方法和试验技术。例如，И.М.李特維諾夫为了在天然条件下使试验加速，曾提出了他所设计的现场快速实验室，由于有了这种实验室，就缩短了试验时间，并降低了试验费用。

A.M.瓦西列耶夫在对于实验室测定土壤物理力学性质的现代方法和技术作了详细的批判分析以后，提出了一些有关改进这些试验方法和试验技术的理论方面的结论和实用方面的建议。

本书著者亦曾进行关于改进土壤试验方法和试验技术的实验工作，结果提出了一些加速与改进试验土壤主要指标的方法。

这些方法是以下面各点为基础：迅速得到试验结果，能够直接在野外或工地进行试验，仪器的使用简单，任何技术人员都能用它来进行试验工作。

借助于所建议的方法，能够决定土壤的下列各种最重要的物理性质指标和水性指标：

- 1) 天然湿度时的容重；
- 2) 固体部份的容重（密度）；
- 3) 天然湿度；
- 4) 砂土的渗透系数；
- 5) 砂土的颗粒级配。

此外，借助仪器和計算，根据所得到的数据，尚可决定下列各种指标：

- 1) 土壤天然結構时的孔隙率；
- 2) 砂土的最大和最小孔隙率；
- 3) 砂土的相对密度；
- 4) 饱和度；
- 5) 饱和水容量；
- 6) 砂土的毛細水容量。

对于技术科学博士 K.C. 捷林茨基教授以及参加試驗方法和仪器的实验檢查工作的烏克蘭道路科学研究所的工作人員，著者認為必須向他們表示感謝。

地質矿物科学碩士 B.M. 別茨魯克和全苏道路科学研究院的其他工作人員，对于測定土壤密度和天然湿度的方法，組織了生产性的試驗，技术科学碩士 M.T. 科斯特里科在本書的準備过程中，提出了許多宝贵意見，著者亦謹表謝忱。

土壤密度和天然湿度的快速测定法

1. 概 論

容重是土壤的重量 P 与其体积 V 之比。此值可以在土壤不同的状态下进行测定：

а) 在天然組織（結構）和天然湿度的状态下：

$$\Delta = \frac{P_{\text{ест}}}{V_{\text{ест}}} \text{ 克/立方公分；}$$

б) 在天然組織，但是沒有水份的状态下，亦即土壤固体部份（骨架）的容重：

$$\delta = \frac{P_{\text{сух}}}{V_{\text{ест}}} \text{ 克/立方公分。}$$

对于砂土來說，除上述以外，尚可分为：

в) 天然密度时的容重：

$$\delta_{\text{ест}} = \frac{P_{\text{сух}}}{V_{\text{ест}}} \text{ 克/立方公分；}$$

г) 最大密度时的容重：

$$\delta_{\text{макс}} = \frac{P_{\text{сух}}}{V_{\text{макс. упл}}} \text{ 克/立方公分；}$$

д) 最小密度时的容重：

$$\delta_{\text{мин}} = \frac{P_{\text{сух}}}{V_{\text{мин. упл}}} \text{ 克/立方公分} \textcircled{1}。$$

土壤的天然湿度，与其孔隙中所具有的粘結水有关。天然湿度並不是恒定的，它取决于土壤的埋藏条件、地下水状况、气候、季节以及其他因素，能在相当大的范围内变化，並影响土壤的物理力学性質。

在大多数情况下，天然湿度 W 用重量法来表示：土壤内水份的重量 g_w 与土壤固体部份的重量 g_s 之比（百分率）：

$$W = \frac{g_w}{g_s} 100\%。$$

有时湿度亦用小数来表示：

$$W = \frac{g_w}{g_s}。$$

此外，天然湿度尚可用体积法表示——以百分率或小数計。用体积法表示湿度时，有如下三种方式：

1) 水份的体积 V_w 与土壤的全部体积 V （包括孔隙）之比，以百分率表示：

$$n_w = \frac{V_w}{V} 100\%，$$

或以小数表示：

$$n_w = \frac{V_w}{V}；$$

① 譯者按：此处各式中 $P_{\text{ест}}$ ， $V_{\text{ест}}$ ——分别为土壤天然状态时的重量和体积；

$P_{\text{сух}}$ ——土壤干燥时的重量；

$V_{\text{макс. упл}}$ ——砂土最密实时的体积；

$V_{\text{мин. упл}}$ ——砂土最松散时的体积。

2) 水份的体积 V_w 与矿物颗粒体积 V_s (不包括孔隙) 之比, 以百分率表示:

$$\varepsilon_w = \frac{V_w}{V_s} 100\%,$$

或以小数表示:

$$\varepsilon_w = \frac{V_w}{V_s};$$

3) 水份的体积 V_w 与孔隙的体积 V_n 之比, 以百分率表示:

$$K_w = \frac{V_w}{V_n} 100\%,$$

或以小数表示:

$$K_w = \frac{V_w}{V_n}。$$

湿度 K_w , 说明水份充填土壤孔隙的程度, 因此称为相对湿度或饱和度。

饱和度绝对值的变动范围是从 0 (没有水份的土壤) 到 1 (孔隙被水份充满了的土壤)。

在土壤的天然湿度容重 Δ , 固体部份容重 δ 与天然湿度 W (以重量计) 之间, 有如下的关系:

$$W = \frac{\Delta - \delta}{\delta} 100\%;$$

$$\delta = \frac{\Delta}{1 + 0.01 W} \text{ 克/立方公分};$$

$$\Delta = \delta (1 + 0.01 W) \text{ 克/立方公分}。$$

知道了其中两个数值, 就可求出第三个数值, 这些公式是在实验室测定这些指标的实践中所广泛采用的。

因为湿土的容重（密度）和天然湿度，是土壤在天然条件下的主要质量指标的一部份，所以在进行任何种类的工程地质勘测时，以及控制所修筑的土工建筑物、路堤、堤坝等等的压实度时，首先需要知道这些数值。

现时，在实践中最通行、且为苏联国家标准5182—49所建议的容重测定法，是环刀法、水银容重计法和蜡封法，测定天然湿度的是称重法（苏联国家标准5179—49）。所有这些方法都是相当复杂的，此外，在现场实验室内几小时就能得到分析结果，而在固定的实验室内，则要几天才能得到。拖延这样长的时间，才能得到试验结果，就大大降低了它的作用。

往往有这种情况，甚至根据实验室的试验结果，仍不能准确把握地得出关于土壤性质的准确结论，这是因为现行试验方法和试验技术不完善而得到了矛盾的结果。

Ф.В.科特洛夫在莫斯科八个主要的实验室内^①，对试验方法的准确性进行检查后查明，对于同一种湿土，在不同的实验室内进行试验，容重指标的绝对差如下：对于砂土类土壤——自1.94到2.18（相差0.24），对于亚粘土——自1.77到1.93（相差0.16）。并且有六个实验室，在平行试验中，违背了所要求的精确度（0.02~0.03）。

在测定土壤固体部份的容重时，所得到的差别更大：对于砂土——自1.47到1.80（相差0.33），对于亚粘土——自1.33到1.57（相差0.24）。

当测定天然湿度时，得到了如下的数据：

a) 对于砂土来说，同一土壤的湿度指标绝对差——自18.96到35.44%（相差16.48%）；并且有100个实验室在

① 关于土壤的实验研究资料，地质出版社，1952年莫斯科版。

75种情况下，进行平行試驗时，違背了所要求的相对精确度。

6) 对于亞粘土，湿度指标的绝对差——自 18.92 到 33.44% (相差14.52%)；並且有八个實驗室違背了分析所要求的相对精确度。

由上述情况可以看到，現行的測定土壤容重和天然湿度的方法，既复杂而又不能得到准确的試驗結果。所以，現在正在繼續从事关于加速与改善土壤的这些最重要指标試驗方法的研究和实验工作。

在不同时期內所提出的天然湿度快速測定法（比重瓶法、酒精燃燒法、蠟封法、碳化法等），由于相当复杂並且不够准确，所以沒有在實踐中得到推广。

現在所建議的方法，借助于簡單的仪器——密度-湿度仪，能够直接在野外或工地上很快地測定这些指标。

2. 仪 器 介 紹

所建議的方法，是以下列各項为基础：

1) 利用容积为 200 或 100 立方公分的切土筒，从所試驗的土壤中选取試样，以測定其容重；

2) 利用專門的仪器——密度-湿度仪（其作用是根据水中称重的原理），測定湿土以及土壤固体部份的重量。測定天然湿度的土重时，將与水隔絕的土样，置于仪器中进行称量，而測定土壤固体部份（骨架）的重量时，則將同一試样，攪碎于水中，置于仪器中称量，这样，土样就与外部的水（在其內进行称量的）相接触。因此，与外部的水結合在一起的土样中的水份就失去了作用，而漂浮于水中的仪器，將只在土样固体部份的作用下下沉；

3) 利用計算好了的、刻划在仪器上的标尺（精确度达

0.01)，決定天然濕度土壤以及土壤固體部份的容重；

4) 根據專門的諾謨圖或按下列公式決定土壤的天然濕度：

$$W = \frac{\Delta - \delta}{\delta} 100\%,$$

式中： Δ ——天然濕度的土壤容重；

δ ——土壤固體部份的容重。

這種儀器，可由不易銹蝕的任何金屬薄片製成：黃銅、鋁、鋅，馬口鐵等。它構造簡單，技術不十分熟練的工作人員也能使用。

這種儀器的構造，可有不同的方案。

A. 儀器的第一種方案

儀器由兩個基本部份組成：帶管子的浮子1和容器2（圖1）。

浮子和容器借助於三個鎖口聯結在一起，鎖口是由焊接於容器上的彎曲薄板3和焊接於浮子上的鉤

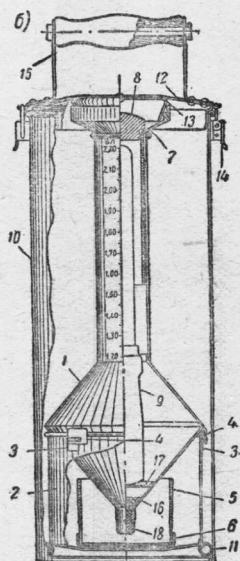
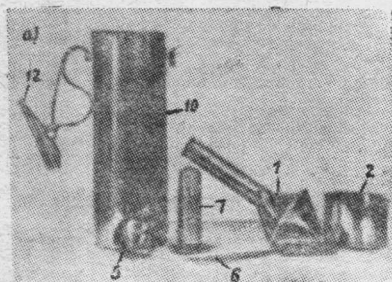


圖1 密度-濕度儀（第一種方案）：

a) 拆開圖；b) 裝置圖

子4所構成。

上述儀器的基本部份，主要是由厚度為0.25公厘的黃銅片所製成。

容器與浮子應這樣聯結，即要使得它們之間有1~2公厘的空隙，以便水自由進入容器，空氣向外逸出。

為了使得沉入水中時，沒有任何地方滯留空氣，浮子和容器都做成流綫型的。

儀器的輔助工具有：

1) 帶有蓋子6的鋼制切土筒5，用以採取體積為200立方公分的試樣；

2) 漏斗7，用以將切土筒5所取的土樣裝入浮子1，在取土時，漏斗可用作筒帽，將切土筒壓入土中；

3) 帽頭8，用以分佈錘的打擊；

4) 刀子9，用以沿切土筒的底部，切削土樣；

5) 儀器箱10，用以儲存儀器，試驗時則用做盛水的容器。

在浮子的管子上，刻有4條標尺（圖2），最後指示土壤的容重：

《Вп》——濕土的容重，

《Г》——腐植土固體部份（骨架）的容重，

《П》——砂土類土固體部份（骨架）的容重，

《Гл》——粘土固體部份（骨架）的容重。

為使儀器固定在儀器箱中，在箱底安設一圈橡皮管11，在蓋子12上固定有特殊的導環13。蓋子12則固定於儀器箱10上。為攜帶儀器方便起見，在蓋子的上部裝有把手15，用鎖口14扣牢。

在隔板17與塞子18之間裝有彈丸16。

仪器的外廓尺寸如下：高 45 公分，直径 14 公分，总重近 2 公斤。

若仪器用于其他体积的土样，或用他种材料制造时，则其尺寸和重量亦将不同。



圖 2 密度-湿度仪（第一种方案）浮子管子上的标尺

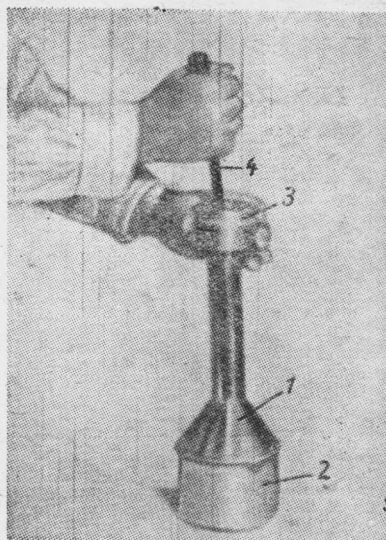


圖 3 將土样裝入密度-湿度仪（第一种方案）的情形：

1. 浮子；2. 容器；3. 切土筒；4. 刀子

3. 仪器的使用

土壤天然湿度容重的测定。用切土筒 3 从所試驗的土壤中选取試样。

对于松散的土壤，可用手工借助筒帽將切土筒压入土中，对于密实的土壤，則用小鏈或大鏈將切土筒打入土中。此后，用刀子 4 把裝有土壤的切土筒掘出，沿筒底將余土削除，並利

用漏斗筒帽將所取試樣裝入浮子1內(圖3)。

讓未掛有容器的浮子1在充滿水的箱2內下沉，對着其沉入水中的水平面，根據標尺《 B_n 》讀取所求的濕土容重(圖4)。

土壤固體部分容重(密度)的測定。為了測定土壤固體部份的容重(密度)，可用切土筒3(參閱圖3)來採取試樣，並將所取得的試樣裝入容器2內，或者就利用測定天然濕度容重以後的試樣。

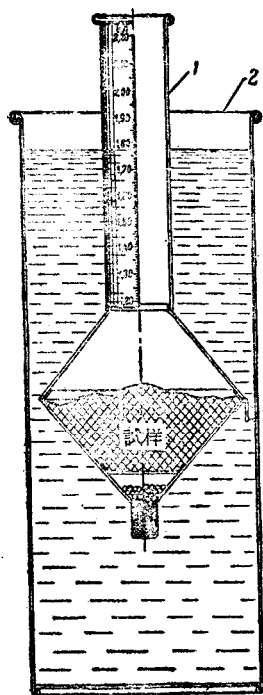


圖4 用第一種方案的密度-濕度儀測定濕土容重的情形

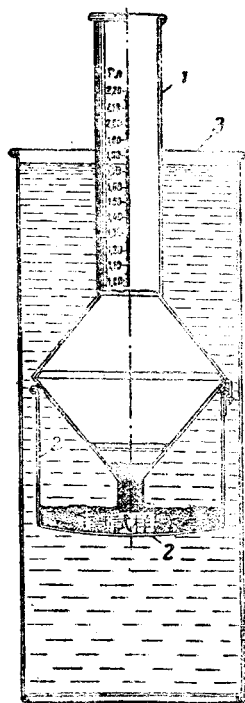


圖5 用第一種方案的密度-濕度儀測定土壤固體部份容重(密度)的情形

將水約加到容器容積的 $\frac{3}{4}$ 處，並將土樣在水中搞碎。待土壤在水中溶化且無殘留的土塊以後，將容器 2 與浮子管子 1 扣在一起，並讓其在箱 3 內的水中下沉。

水就經由浮子與容器之間的空隙將容器 2 余下的空間充滿，而儀器就下沉到某一水平。根據這一水平面，按照刻在儀器管子上的相應的土壤標尺《Г》、《П》或《ГЛ》，讀取土壤固體部份的容重（密度）（圖 5）。

土壤天然濕度的測定。如前所述，若已知土壤的骨架容重

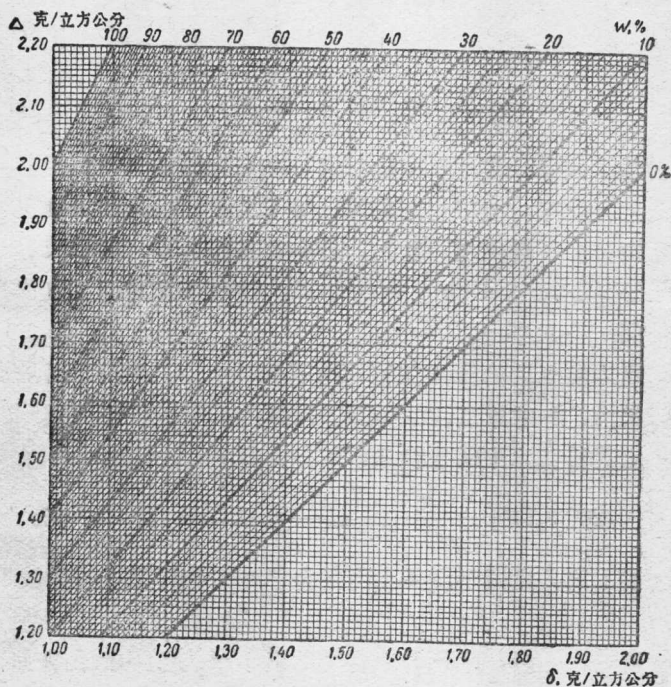


圖 6 根據土壤天然濕度容重 Δ 和固體部份容重 δ 決定其天然濕度 W 的諾謨圖