

土的现场检验

煤炭工业出版社

土的現場檢驗

苏联 И. М. 里特維諾夫著

馮 国 栋等譯

李汉卿 馮国栋校訂



煤炭工業出版社

內 容 提 要

本書介紹了作者在蘇聯南方科學研究所發明的 9 型現場試驗儀的構造和使用方法。

利用這種儀器可以在短時期內準確地鑑定土的建築性質，從而可提高建築物的質量，降低建築物的造價。

本書可供從事煤炭工業、建築工程、水利、路工等基本建設的工程技術人員參考。

本書由武漢水利學院馮國棟、羅家樞、黃崇禧、陳震、陸士強、朱慶端六位同志翻譯，由李漢卿、馮國棟同志校訂。

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУНТОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

蘇聯 И. М. ЛИТВИНОВ 著

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1954年莫斯科增訂第2版譯

593

土 的 現 場 檢 驗

馮國棟等譯 李漢卿 馮國棟校訂

*

煤炭工業出版社出版(地址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可證出字第084號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

開本 85×116.8 公分 $\frac{1}{16}$ * 印張 7 $\frac{1}{2}$ * 字數 152,000

1957年6月北京第1版

1957年6月北京第1次印刷

統一書號：15035·356 印數：0,001—2,250冊 定價：(10)1.50元

前 言

南方建筑科学研究所所創制的新的仪器，亦即我国所發明^①的一种用以在施工条件下研究土的現場实验仪，根本改变了为建筑目的而檢驗土的现有方法。

按照現有的方法，土的建筑性質是对那些运到固定实验室的土样加以檢驗而决定的，但由于在取土、运输和准备作試驗过程中土的结构受到破坏，含水量有所損失以及其他的一些变化；因而根据这类土样所决定的性質也就不可能与处在自然情况下的土的真正性質相符合。

新的仪器——輕便得一个人就可以搬运，并全面地替代了龐大的固定实验室，破天荒第一次使我們能够直接在現場施工条件下更有成效地、很迅速和極准确地针对建筑目的而对土进行一切必要的檢驗。

我国的这一發明对苏联的国民經济有重大的意义。使我們能更全面地、充分地利用土的承載能力，从而大大地降低了建筑工程的費用，而且还使勘测工作的時間和費用縮減許多倍。例如，在1950年和1951年中，仅就大灣角城和科尔奇城重工業企業建筑部的两个工地來說，仅由于試驗时使用了这一套新的仪器，結果就使建筑工程的費用一共減少了8,550,000多盧布，并大大地縮短了工期。在科尔奇工地由于使用这种仪器，使得沒有必要制造和打設8,090根鋼筋混凝土樁和610根木樁，建筑基础少用了二分之一的土工和混凝土工。至于大灣角工地，仅就№2溶矿爐的一个基础來說，就減少鋼筋混凝土1,600

^① 發明者为技术科学碩士И. М. 里特維諾夫，見作者的發明証書№93327, 93328, 97158。

方，土工 5,000 方，鋼板樁 50 吨。在許多其他工地上也取得了同样的成果。

此外，这些仪器可以使勘测工作加速許多倍，并使其費用減低許多倍。例如，按照 1950 年的造价表来計算，采取一个土样的費用約 25 盧布 50 戈比到 62 盧布，如采用現場試驗仪来采样，那末化于同样采样工作的費用就不超过一个盧布，而所耗的时间也將減少 15—20 倍。其次，在八小时的一个工作日中，使用現場試驗仪的仪器可采得 50—100 个土样，并且各种分析所需的費用也將大大地減少。仅就一年的时间來說，100 套現場試驗仪就可以使勘测工作的費用縮減 1,250 万盧布。

新的仪器得到許多科学研究、施工和領導机关很高的評價，其中包括苏联部長會議国家建筑委员会，苏联国家技术委员会，全苏科学工程技术协会會議，全苏土的快速檢驗方法會議（莫斯科 1951 年 3 月），全苏建筑师工程技术科学协会、苏联科学院的某些研究所，全苏給水、排污水、水工建筑物及工程水文地質科学研究所，全苏矿井建筑机械化与組織科学研究所，冶金工業部，煤炭工業部，交通部，石油工業部，重工業企業建筑部和其他機構及專家等。

創制这些仪器的工作已进行了好几年，直至 1950 年才由南方建筑科学研究所造成。从 1950 年到現在，哈尔科夫国家矿山測量仪器联合工厂一直都在大量生产这类現場試驗仪。

上述現場試驗仪适用于苏联各个国民經济部門，例如，民用、工業、矿井、道路、鉄路、水利工程、灌溉和其他种类的建築；同样也适用于苏联的农業和其他国民經济部門的土的檢驗工作。

例如，根据苏联煤炭工業部勘测总局的資料来看，現場試驗仪曾在短期內有效地对相当数量的建筑物进行了工程地質研

究，其中有矿井建筑、村鎮、鐵路和公路的跨綫点和其他各种建筑物，并且由于使用了这类仪器而減低了勘测費用；在許多情况下，減低的費用常超过50%。例如，仅就一个勘测队的資料来看，在67个工段和工業、民用建筑工程中，由于使用了四套这类現場試驗仪，仅在一年的中所节省的勘测費用总数就在500,000盧布以上。許多勘测队和試驗室都曾收到同样的效果，这点可由許多文件資料来加以証实。

苏联的發明(在現場条件下檢驗土的新仪器)是建筑工業中的一个巨大成就，它为減低建筑費用提供了新的、巨大的可能性。

本書介紹的就是祖国工業不断生产的 И.М. 里特維諾夫式9型現場試驗仪，書中并闡明应用現場試驗仪的各种仪器在現場条件下檢驗土的方法和指示。

斯大林獎金獲得者 格利郭尔叶夫
烏克蘭建筑科学院通訊院士

目 录

前 言	
序 言	5
I. 檢驗土的建築性質的現有方法与仪器及其主要 缺点	8
II. 9 型現場試驗仪概況及其使用范围	18
III. 9 型現場試驗仪的描述	31
A. 基本設備	33
B. 压縮試驗零件	51
B. 烘箱	67
Г. 土的剪切試驗仪	75
IV. 用 9 型現場試驗仪的仪器采取結構未受破坏和天然 含水量的試样(土样)	94
A. 采取用以測定基本物理指标的土样	95
B. 采取用以測定下沉性、滲透性、压縮性和剪切 試驗用的土样	101
V. 选取結構破坏的补充試样	103
VI. 用 9 型現場試驗仪的仪器檢驗取得的試样	104
A. 被檢驗土样的烘干方法	104
B. 結構未受破坏与天然含水量試样的基本物理性 指标的測定	108
B. 結構已受破坏的試样的基本物理性指标的測定	113
Г. 土的下沉性、滲透性与压縮性的測定	124
Д. 土的剪切試驗	164
E. 被檢驗的土的各种补充的和專門的指标的測定	170
VII. 关于檢驗結果的結論	189
A. 各种情况下的必要試驗范围	189
B. 土的許可耐压力的确定	191
B. 按照上述檢驗結果計算房屋和建筑物的基础的沉陷	192
Г. 各种土工工程施工工質量的檢查	196
附录	199

序 言

土是基础的地基，因此对土檢驗的是否精确常在頗大的程度上影响到所建立起来的各種建筑物和房屋的費用和可靠性。如低估了所研究的土的承載能力，結果会拖延工期和浪費材料及劳动力，而过高的估計，則会造成事故和引起所兴建的建筑物的变形。

所以土的物理-力学性質的研究成果，对国民經济各个部門中的建筑速度和費用有很大影响。

在研究土的建築性質問題中，苏联的科学由于繼承了那些將基础建筑的基本原理建立在科学的基础上，而使俄罗斯科学处于先进地位的俄罗斯科学家的傳統，因而也就大大地超过了外国科学和技术在这一領域中的成就。

虽然苏联土力学派有無可怀疑的优点，能够成功地解决与大型工業建筑物、水电站、地下鐵路、运河以及其他复杂的建筑物和房屋等的建設有关的一系列最复杂的实际問題，但是在很多場合下，土力学还是落后于苏联各个建筑部門的实际要求的。由于对一系列的理論和实验問題沒有作出解答，使得某些科学工作者和实际工作人員，或者企圖用那些脫离实际的、假設的、甚至常常是臆造的数学計算方法来解决那些尚未解決的問題，或者用沒有理論根据的不可靠的粗糙的經驗来解决这些复杂的問題。

所有这些缺点，都在一系列的全苏地基及基础大会和會議的決議中指出了出来。目前尙在进行消除这些缺点的工作。

以固定的試驗室来檢驗土的物理-力学性質，这一主要的室

內檢驗方法，是这个領域中最严重的缺点之一。

而常用的試驗室內土的建築性質的檢驗方法，常常是拿与实际自然情况不相符合，結構受到破坏的試样来进行，因而就不可能对所要檢驗的土，确定出符合其自然埋藏条件的真正特性。

作者之所以創制本書所描述的現場試驗儀和制訂土壤建築性質現場檢驗方法，其主要目的也就是力求使各个建築部門中的广大的建築者和工程地質專家，能够直接在被檢驗的土的天然条件下，在簡短的時間內，用簡單的方法極准确地完成建築工程所必需的各項檢驗。

本書中所述的和曾被广泛运用的方法，即在現場条件下以現場試驗室來檢驗土的物理-力學性質的方法，基本上滿足了这个要求。

在介紹某些性能良好的新仪器和在現場条件下檢驗土的方法的同时，作者还力求在所介紹的現場試驗儀的各項仪器及其应用的方法中，反映先进的苏联科学关于土这一方面的最新成就，亦即反映出 A. Ф. 列別捷夫、H. M. 格尔謝万諾夫、H. A. 崔多維奇、Б. П. 波波夫、Д. Е. 波立兴、B. Г. 布雷切夫、H. H. 馬斯洛夫等这些偉大的苏联科学家集体工作的成果。

約有兩千套以上所介紹的現場試驗儀順利地在苏联各地和人民民主國家中使用着，由于大規模的使用而降低了建築成本。所以能降低建築成本，一方面是由于減低了檢驗工作的費用，一方面是由于更有效地使用了被檢驗的土的承載能力而直接縮減了建築工程的数量和造價的緣故。

作者应感謝烏克蘭建築科學院通訊院士 B. C. 格利郭尔叶夫和南方建築科學研究所地基及基礎試驗室的工作人員 H. A.

盧沙科夫和B. П. 車尔尼雪夫；他們曾積極參加現場試驗儀的製造和檢查工作；並且還要感謝哈尔科夫矿山測量儀器工廠的領導人和員工，蘇聯科學院通訊院士Н. А. 崔多維奇教授、И. А. 奧努佛利葉夫、Я. И. 巴耳巴羌、Н. И. 路卡施金、Н. А. 克羅洛沃斯基、И. И. 叶爾馬克、В. С. 奧噶爾柯夫、А. И. 秋秋卡洛夫、В. Н. 勃林金等等，他們曾積極參加組織、配置和運用這些儀器的工作。

作者對技術科學碩士Н. Ф. 別辽也科夫表示感謝，他曾在本書準備付印時提供了一系列的寶貴意見。

作 者

I. 檢驗土的建築性質的現有方法与 儀器及其主要缺點

正確地檢驗土的建築性質對建築工程的進度及費用有重大的意義。過低估計土的承載能力常造成物力與人力的浪費；而過高的估計，又常常引起建築物的事務或損毀。無論是那一種情況都會使國民經濟遭受巨大損失。

正確地定出土在結構未受破壞和在天然含水量情況下的物理-力學性質，是全部檢驗項目中最重要的一件工作，因為各種計算指標（下沉性、滲透性、壓縮性、隙比、緊密度、飽和度等）的準確性都取決於這些性質的準確度。

必須記住，試樣的結構及含水量的擾動，即使是非常輕微，也往往根本改變了試樣的性質，而使它呈現出完全不同的物理性質指標。

最廣泛採用的土的檢驗方法及儀器也有嚴重的缺點，因為它們不可能在現場的自然條件下直接對建築場地進行必須的檢驗。它們的工作主要是在距要檢驗的場地很遠的固定試驗室中進行，而只有在很少的情況下，才會在大工程的現場設立試驗室。因此，試樣的檢驗通常是在離試樣產地數百公里以外的地方進行的。這種方法實際上不可能保證試樣的天然結構及含水量在取樣及運送過程中不受到破壞。因此，這些檢驗的結果往往不能符合於被檢驗土的自然狀態，從而關於土的承載能力的結論也就不能正確了。

例如，用於在鑽探時由鑽孔中採取土塊的各種取土器，都是由一個主要的金屬圓筒（圓筒的內部安設有取土筒或套筒）、

下面的圓筒形切土部分(有时加上把土截断的设备)和上面的頂盖(傳遞取土器上部的压力,以將取土器压入土中)所組成。

所有用以由鑽孔中取样的取土器,采得的土样的直徑都比其总長度小許多倍,同时相对于取土器的內徑說来,这些取土器的壁厚都是过大的。取土器的这些缺点是严重的,由于所采得的土样在取土器內受到这样厉害的压实和挤紧,以致在大多数情况下由鑽孔中提出取土器时,無須使用在取土器下面將土样截断的特殊装备。

要是采用各种構造上的方法(如机械的、化学的或热学的)在取土器下端(刀口)固定已經采得的土样,同样会使这些土样的結構受到附加的破坏。这种情况是由于取土器壁的加厚部分所引起,或是由于使用化学或热学方法固定土样的下端时对所取土样發生相当有害的影响所致。

此外,即使应用現有的構造最完善的取土器,在一般現場情况下也很难使它平稳地(無震动和跳躍)插入土里。因为这样就需要加上很大的靜压力,但在实际工作中要將取土器插入鑽孔,只能用冲击或震动的动力作用于鑽桿,这样就無法保証平稳地加上所需的压力。

如对取土器所采得的土样作詳細的檢驗,就可以观察到这些試样受到厉害的破坏,試样上呈现出很多憑肉眼难以辨認的水平層理。

土样的層理略成球面,在土样中心表面微微凸起(向上),沿取土器的周边显著弯折(向下),这就証明了这些土样的結構受到破坏(圖 1, 2 及 3)。

到目前为止,还未見有文献載录有可以取得絲毫未受破坏的土样的(無論在探井或在鑽孔)完全合格的取土器和仪器。

因此,除查探鑽孔外,还需要开挖探井以采取立方体或圓

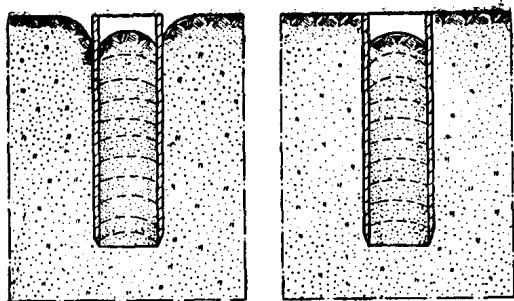


圖 1 用圓筒形取土器採取土樣時，土樣壓實及分層的特征。

柱形的檢查性^①土樣，細心地嚴密地包裝，然後送運到固定的試驗室去。

對每個要檢驗的建築場地都需要有大量的這類土樣和用以確定含水量的檢查性土樣，否則土的檢驗工作就不可能作得很好。

就在現場中將取得的土樣及用以確定含水量的檢查性土樣嚴密封包起來是有困難的，因而往往不能作詳密的土的檢驗，而只在一、兩個地點採樣品。此外，這種採取土樣的方法只在極有限的範圍內適合於結構相當緊密的土，而完全不適用於無粘性、低粘性及受水飽和的土。

採用上述方法採取砂性的及低粘性的土樣，並將它們作短距離的運送，而又要它們的天然含水量及結構不受到破壞，這幾乎是不可能的。即使土的結構緊密，但在取樣過程中也常常會不知不覺的將取得的土樣破壞，這在試驗室收到這些土樣後即可查明，因為要得到完全適合於盛土箱的土樣是很困難的。土樣的表面塗膩也同樣不能保證取得的土塊不損失一些含水量。這些土樣在運輸的過程中由於衝擊和震動，也常使它們的

① 用來查驗取得土樣的破壞程度。——譯者

結構受到破坏。

因此試驗室收到的土样虽然称作是未經破坏的，但它們通常是受到破坏了的。

土样的重量相当大，每个包封的土样其重量由 6—16 公斤，这也是这种取样方法的主要缺点。

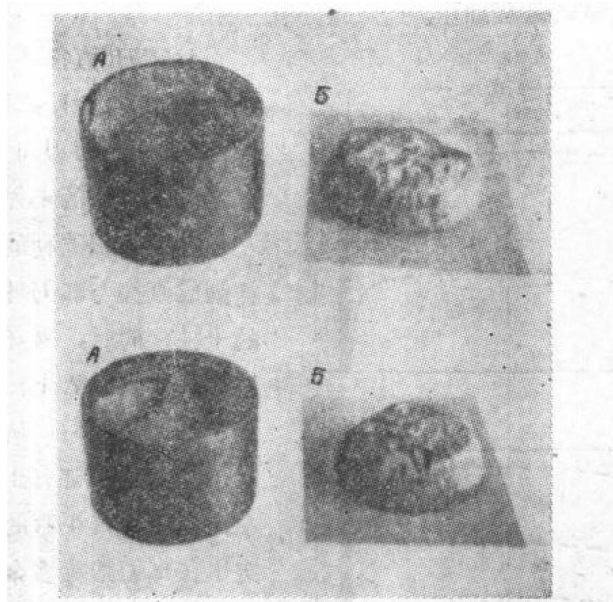


圖 2 用取土器取得的土样結構破坏的特征
A—取有土样的取土筒；B—从取土器取出的試样。

用任何方法取得的結構未受破坏及天然含水量的土样，都要在試驗室里进行必要的檢驗和处理。可是，正如上面所指出的那样，由于取样方法，由于从取样到土样进入試驗室所經歷的时间，以及由于土样包封的質量和运输土样的小心程度等，土样本身結構和含水量通常是受到破坏的。因此，后来試驗室的鑑定，以及在本質問題上或多或少地补充进去了的一些錯誤的見解，使所得的結果和該土在自然状态中实际的物理性

質不相符合。

土的容重是使用各現行規程中所推荐的环刀法、浸臘法或水銀測积計来进行測定。

环刀法于1950年經全苏标准委员会批准为全苏国家标准ГОСТ5182—49。这种方法适用于可用普通刀子修整的粘性土，确定容重的过程如下。

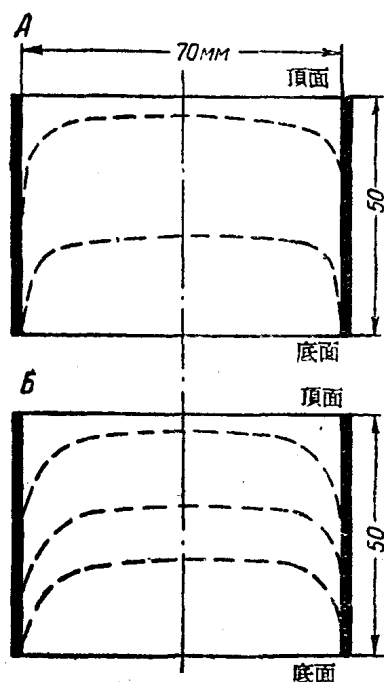


圖 3 用取土器取得土样結構破坏的特征
A—第一个土样；B—第二个土样。

將环刀(直徑不小于 50 公厘，高 30 公厘，壁厚 1.5—2.0 公厘)刀刃向下，放在运到試驗室的土样上，用左手扶环，以鋒利的刀將土样削成直徑与环刀外徑相等的土柱。同时，对环刀稍施压力，使它嵌入土柱。土充滿了整个环腔后，从下面割断土柱，并將帶有土的环刀拿出。用刀口平直的刀子將突出在环刀边缘多余的土削去。然后將試样的重量称出，并計算它的容重。

虽然这种用刀切削土柱的方法在实际中广泛使用，但它却是很不完善的原始的

方法。由于可以随意地、沒有定向地將小口徑环刀放在土柱上，所以这种用刀切削土柱的方法就有很多缺点，其中主要的是：a)应用的局限性，因为这种方法除了对粘性土可用外，它完全不适合于在湿的、散粒的以及其他低粘性的土中采取土

样；6)所得結果的準確性決定于試驗者的个人能力及認真程度；B)受刀的鋒利程度的影响等等。

有些試驗室即使采用特制的定向及对中設備，以便由將送到試驗室的大塊土样（例如，用取土器或其他方法采得的）切成用作試驗的小土样，也不能免除由于試样的变形及遭受破坏而引起的差誤，这种变形和破坏是在开始(現場)取样，轉运到試驗室及在室内再次切成小試样时所發生的。

浸臘法在实际試驗中也被广泛地使用，并于1950年被正式批准为全苏国家标准ГОСТ5182—49。这种方法适用于不能用环刀切削或易于散开的土。

在这种情况下，用刀輕輕削平結構未受扰动及天然含水量的土样，使其表面沒有显著的凹凸，然后將其重量称出。这样准备好的試样体积应不少于30立方公分。然后用細綫一端系住試样，另一端留長10—15公分，將系在綫上的試样浸入加热至略高于石臘溶解点(55—57°)的石臘中数次(每次約1秒鐘)，使几層石臘的总厚度增至0.5—1.0公厘，此时必須注意，不要使石臘層中有裂縫或气泡。如在凝固的試样臘壳中發現了气泡，可用灼热的針把它刺穿，將气泡排除，并燙平所穿的孔。然后在空气中將試样称一次，又在水中称一次，根据这些数据求出試样的容重。

当試样浸臘前后的重量已知时，也可將封有石臘的試件沉入水中，并根据所排出的水的体积来确定試样的容重。

圖4列举了几种用浸臘法測定土的容重所常用的仪器。

浸臘法也同样地有一些严重的缺点：

a)湿的、散粒的及低粘性的土不能用这一方法处理。

6)大孔性的及含水量不大的土，当浸臘时石臘由大孔侵入試样內部，因而所得到的結果也就不会正确。別种土浸臘时也

發生这类的現象，但为数不多。

Б)潮湿的，尤其是大孔性土，当冷的試样放入熔化的石臘中时，在試样的表面上常形成許多小的难以排除的气泡。

总之，用这种方法确定土的容重的程序很費事，即使將取样时或由取土地点將試样送達試驗室期間，土的自然状态可能受到的破坏所引起的差誤不計算在內，这样的方法还不是完全准确的。

水銀測积計法已于1950年正式列为全苏国家标准。这个方法主要是把体积为20—40立方公分的結構未受破坏和天然含水量的試样浸入滿盛水銀的容器中。按照被排出的水銀体积和試样的重量决定它的容重。但是，当試样浸入水銀中时，部分水

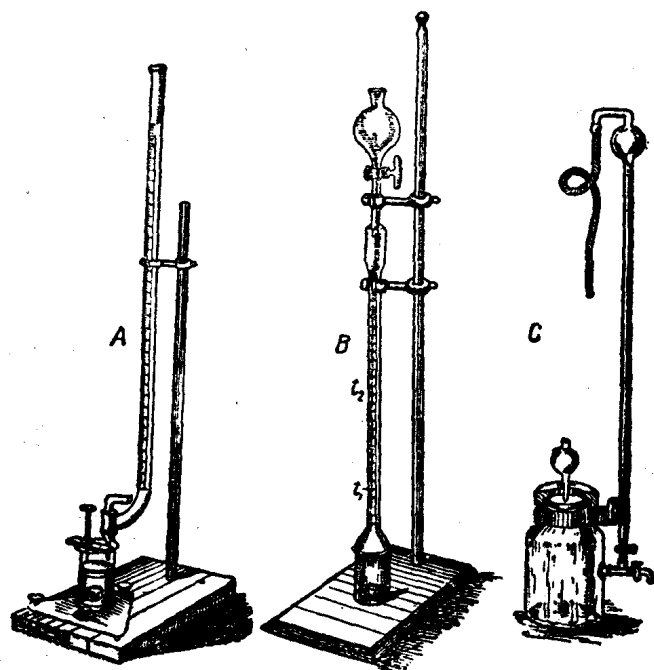


圖 4 用浸臘法測定土的容重的仪器