

当地自然条件对高级路 土质基础稳定性的影响

苏联地质矿物学硕士
Л. А. 普列菲朗索娃著

李力人译

人民交通出版社

本書系根据 Н.Н. 伊万諾夫編的“冬季条件下高級路面土壤基础的設計”一書中的一篇論文翻譯出來的。主要内容是介紹苏联各气候帶的特征和按含水条件划分地区，以及路基穩定等級与野外確定等級的方法等。其次，还選擇了同書的“路基土壤結構对土壤稠度及形变模量的影响”一篇論文作为本書的附录。

此書可供道路施工、設計人員和科学研究工作者学习参考。

当地自然条件对高級路 土質基礎穩定性的影响

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ
УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ
ПОКРЫТИЙ
С УЧЕТОМ ИХ РАБОТЫ
В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ
ПОД РЕДАКЦИЕЙ ЛАУРЕАТА СТАЛИНСКИХ ПРЕМИЙ ПРОФ
Н.Н. ИВАНОВА
ДОРИЗДАТ
МОСКВА-1953

本書根据苏联道路出版社1953年莫斯科俄文版本譯出

奉 力 人 譯

*

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六号)

新 华 書 店 发 行

公 私 合 營 慈 成 印 刷 工 厂 印 刷

1957年12月北京第一版 1957年12月北京第一次印刷

开本：787×1092_{毫米} 印張：1—2_張

全書：48,000字 印數：1—1400册

統一書号：15044·1232-京

定价(10)： 0.32元

141V54/03

目 录

导 言

第一章 各气候带的特征和第二气候带的自然特点..... 4

第二章 地区按含水条件分类。路基稳定等级和野外
确定等级的方法.....12

第三章 通车道路上观测路基的水-温情况22

结 论

附录：路基土壤结构对土壤稠度及形变模量的影响

导 言

道路科学研究院拟定的柔性路面計算理論（1和2）^①現在已經为大家所公認，并广泛应用于設計机关的實踐中。

但是，要正確地確定在計算中所用的数字，首先是底土^②的形变模量，便必須仔細考虑道路經過地区的自然条件和这些条件由于修建道路而發生的变化。

由于路面强度降低的现象是在春季土壤含水最多的时期发生，所以土壤的形变模量是由湿度来决定的。而湿度又取决于該地的自然条件，取决于道路施工与养护过程中所采取的工程措施。

苏联領土广大，自然条件复杂，須要將其按路基的含水程度分为若干地帶。

道路科学研究院技术科学領士 A.B. 格尔堡尔特-格伊波維奇第一次企图进行苏联道路区划的工作（1941年）。这一次的区划是在考虑了土壤冻结时期長短和土壤形成类型的基础上完成的。到后来，这一区划法由于考虑了不同地区冬季和秋季的特点而得到了訂正（4）。現在作者根据苏联科学院（5）所提的自然历史区划，考虑了道路施工养护的特点，將道路气候区划法作了修改。

苏联領土可分为六大气候帶：

1) 永久冻土帶；2) 过量含水帶；3) 变量含水帶；4) 不足含

① 括 号 的数字表示引証書目的号次，書目表載于本文的后面。

② 底 土——指路槽以下1公尺以內的土層——譯者。

水帶；5)干燥帶；6)垂直帶狀分布帶。

在總結了野外觀測資料、實驗室土壤研究（主要是擾動土）資料和春季道路情況調查資料（調查時底土的形變模量是按道路科學研究院的公式倒求出來的）的基礎上，技術科學碩士 H.A. 普查科夫於1948年編制了一個四個氣候帶的形變模量表，每一氣候帶中的四組土壤的形變模量，是根據當地水文條件確定的（2）。

H.A. 普查科夫擬制的土壤中水分聚積的理論（6）使我們可能按照上述的條件，編制春季計算濕度、土壤凍脹系數^①和多余水分量（在一平方公尺內整個春季的和一晝夜的公升數）的表。

為了檢驗、訂正和補充已得的計算數字（主要是春季濕度），從1949年春季起，在蘇聯歐洲部分若干道路上組織了野外觀測工作。觀測的任務是要確定不同氣候條件和含水條件下春季的實際濕度，並拿來和 H.A. 普查科夫算出的計算濕度加以對比。

這次調查的任務中，還包括修正 H.A. 普查科夫所提出的將路段分為若干水文組的方法，並制訂一個按外部特征來估計當地與道路含水條件和按照含水條件來決定底土強度的計算指標的規程。

上述野外調查是在蘇聯歐洲部分第二、第三和第四道路氣候帶中進行的；但是這次調查在第二氣候帶進行得較為完滿，在第二帶的範圍內，土壤的每年凍融現象對路面使用條件有很大的影響。

在哈爾科夫公路學院的著作中（7，8），用烏克蘭左岸

① 根據 H.A. 普查科夫的意見，土壤凍脹系數表示路基表面在冬季由於凍結的影響而隆起的高度，以凍結深度 1 公尺的百分數或公分數表示。

地区的例子闡明了第三和第四气候帶的水-温条件。

对各气候帶主要是第二气候帶地面与道路含水的特征和决定路基水-温条件的因素进行研究的結果，叙述于本文的第一、第二兩章中。在第二气候帶中与含水条件有关的路基稳定的諸問題在第三章中加以闡明。在第四章中則包括各个总的結論。

参加野外观测和資料初步整理工作的人員有：三等科学工作者 P. A. 郭科和一等技术員 A. C. 莫洛卓娃、C. Д. 席立克、E. T. 塞明諾娃、E. H. 帕拉吉娜、助教 B. П. 波立索夫和土壤学家 П. Д. 罗索夫斯基（道路科学研究院）；工程师 Г. Г. 別拉科夫；B. H. 塔尔霍娃和 A. П. 牧拉舍娃；技术科学碩士 И. A. 諾西奇（哈尔科夫公路学院）和助教 B. И. 阿拉当斯基（薩拉托夫公路学院）。

参加土壤密度和强度等資料整理工作（第三章的«2»和«3»兩項）的是技术科学碩士 M. H. 特洛伊茨卡婭。

第一章 各氣候帶的特征和第二 氣候帶的自然特点

(气候、地形、土壤、地下水)

苏联領土划分为六道路气候帶:

第一道路气候帶(永久冻土帶)——位于永久冻土分佈界限內, 包括苔原景观帶和森林帶的东北部;

第二道路气候帶(过量含水帶)——在苏联欧洲部分的範圍內与森林景观帶一致;

第三道路气候帶(变量含水帶)——与森林草原帶一致;

第四道路气候帶(不足含水帶)——包括草原景观帶;

第五道路气候帶(干旱帶)——包括分佈有鹽碱土的沙漠-草原区域;

第六道路气候帶——这一气候帶所包括的地区都具有随海拔高度不同而显著变化的气候条件, 并且十分复杂。

气候 在苏联欧洲部分範圍內占有很大面积的第二道路气候帶的气候很复杂, 但是整个來說, 可以認為是中等的大陸性气候, 夏季比較溫暖和潤湿, 冬季比較寒冷。

П. С. 别尔格(9)將森林帶再分为两个亞帶: 北部荒林亞帶或北部針叶林亞帶和南部混合林亞帶。

在第二气候帶的北部(針叶林亞帶)降水量适度, 并主要集中在夏季。大量的水分在冬季以雪的形式聚积起来。夏季凉爽阴暗, 空气的相对湿度大, 这便为蒸发造成了不利的条件。

森林、灌木、青苔等阻碍地面水的宣洩。可見，虽然降水量不大，但是由于雨水和雪水的儲量很大，蒸发量小，地面水排洩能力薄弱，仍然使水分收入超过支出。因此沼澤（約占整个面积30%）和沼澤化森林的广泛分佈便是第二气候帶北部的特点。

由此往南蒸发量增大，沼澤和沼澤化森林所占的面积减小，但是水分的收入仍然超过支出。

第二气候帶南部（混合林亞帶）主要占有苏联欧洲部分的西半部。在东部，它是一条狭長的帶。在这里森林和沼澤远比針叶林亞帶为少；而耕地与草甸的面积却比較大。

混合林亞帶气候的大陸性不及針叶林亞帶那样明显。冬季不太冷，但却阴暗而多霧，并且常常下雪。雪层不化而很厚。秋季微雨而多霧。夏季温暖。春季比秋季冷，天气变化无常。

由于暖季較長，气温較高，所以蒸发量达到很大数值。但是由于降水量很充足（特别是在温暖的季节），在混合林亞帶和針叶林亞帶造成水分收入超过支出的現象。

和第二气候帶比較，第三气候帶的特点是年降水量小而气温显著提高（10）。第二帶气候是逐渐轉变为第三帶气候的，因此在第三帶北部气候还比較潤湿，而在南部，气候却已經变为干旱了。

第三帶气候的特点是具有比第二帶更为明显的大陸性，在温暖的半年中很干燥，常有旱风发生，在地势較低的地段有温度逆增^①的現象。这是表示第三帶是一个湿度不稳定的气候帶。

第四帶气候干燥，夏季更干燥，常常发生旱灾，刮旱风；

① 温度逆增（инверсия температуры）——温度通常由低处往高处逐渐降低，而逆增的現象就是由低往高逐渐升高——譯者。

冬季严寒，有回阳天气和风雪；春短而秋长。由北往南，气温迅速升高。第四带的南部位于苏联欧洲部分的范围内，由于黑海的影响，气候比较温和。在这里，冬季温暖，雪层并不常年存在，且常常下雨。夏季不太热，有旱风。就这一气候带的整个南部来说，也和北部一样湿度不足。

地形 第二道路气候带位于苏联欧洲部分范围内，该区地形是在冰河活动的影响之下形成的。由于冰河的活动使得第二带的地面上具有大量的堆积地形。这种地形往东就为侵蚀地形所替代。

典型的冰河景观在第二气候带的西北部和西部得到了发展。在这里形成许多冰积壠、端冰积带、蛇堤、① 鱼脊、② 驼峰③ 等，它们位于平原地区和丘陵-平原地区，并且有许多沼泽和湖泊参杂其间。

有隆起山岗的地段与平原交替变化。这种平原地形通常位于本带南部界限端冰积壠④ 的附近；这是一种“林边地”这种

① 蛇堤 (ОЗ) —— 是一种冰水沉积物，长而狭，有如一条弯曲的路堤，长度由几百公尺到几十公里，高达50公尺，底宽几十公尺到几百公尺。在瑞士有长达250公里的蛇堤。请参考馬万鈞译“普通地质学”下册第314頁——译者。

② 鱼脊 (Друмлин) —— 是由底冰积 (冰河形成) 所构成的一种矮小狭长的山包。它的长轴与冰河方向一致，其内核为坚固的岩石或成层的物质。鱼脊是成羣的，高度由数公尺到100公尺不等。长度由一百多公尺到好几公里，形状有加露出水面的鱼背，故译作鱼脊，亦有译为鼓陵者 (请参考同书同册第309~310頁) —— 译者。

③ 驼峰 (Кам) —— 根据Е. И. Окоп-купак的“工程地质学”原文本第197頁和196圖，驼峰是水流从冰洞流出后堆积而成的小山岗，在列寧格勒州有之——译者。

④ 端冰积壠 —— 是在冰河尽头的地方所形成的冰积堤 (请参考馬万鈞译“普通地质学”下册307頁) —— 译者。

“林边地”是沼澤化的扇堆兒^①砂質低地，帶有个別山包，有些地方有砂丘。

在第二帶的东部和东北部，冰河景观在很大程度上受了侵蝕作用的影响。

殘积-坡积作用几乎把冰河地形处处都改变为傾斜的平原地形，因此第二道路气候帶的地形，总的來說可以認為是典型的微起伏地形（11）。

第三帶地形和第二帶地形不同的地方，是第三帶的地形变化很大。这是一个水文網很发达的侵蝕地区，分水嶺都具有高原的形式，并由于有許多岔冲溝和山溝变得犬牙交錯。盤形地和淺窪地具有很大的意义。它們是分佈于分水嶺上直徑达50公尺的不深的（达1~1.5公尺）圆形窪地。

第四气候帶的特点是地形非常复杂，但总的來說，主要是侵蝕地形和冲溝地形，同时也有平原地形（11）。

在第四帶的南部，平原最多。它的特点是具有很深的冲槽和冲穴，盤形地和淺窪地很普遍。这种盤形地和淺窪地分佈于莫洛河西岸直徑达若干公里。这种淺窪地通常称为“爐底”（Под）。

第四帶的北部位于高起丘陵地形的範圍內。按地面特征來說，这是一种波浪式的平原，平原的地形被結晶岩的露头所破坏。这种結晶岩的露头使某些地区具有起伏較大的丘陵的特点。

地面堆积物 第二气候帶的地面堆积物是各冰河期和近代各期的第四紀生成物。

冰河堆积物按其級配來說互不相同的（从砂、砂壤土到

① 扇堆兒地（Зандровое поле）——冰河融化的水在冰碛外流成許多細流，把冰河範圍以外的地面完全掩盖了。这些細流的堆積彼此合併形成冲積平原。这种冲積平原称为扇堆兒地（請參考 Е. И. Окоп-кулак 著“工程地质学”下册第313頁）——譯者。

含有基岩破坏产物的粗骨粘壤土)。典型的土壤是漂石粘壤土——一种級配很不均匀的、含有大小漂石的、密实的紅棕色土壤。

在低窪地点埋藏有成分不同的、不成层的无漂石黏土。

砂土堆积物分佈很广。这种堆积物是粗粒的，常常含有山礫和礫石。

在这一帶的北部，冰积粘壤土常被一层不厚的砂壤土所掩盖（40~60公分）。这便促使地面沼澤化。

几乎所有巨大河流的河与河間的广大地带和高阶地都滿佈砂土。有时砂土按粒徑大小排列得很整齐，有时却不整齐，而且含有漂石。

扇堆几林边地——林边地是由不深处理有粘壤土和粘土的砂土堆积物構成的。

在第二气候帶的中部，除了冰积物外，表层的（結構性）粘壤土和准黃土类粘壤土也分佈很广。棕色而帶淡黃的表层粘壤土最多；这种粘壤土分裂为具有同一級配的，粉粒占优势的，几乎沒有漂石的結構單位。除了上面列举的各种土壤之外，有些地方能看到棕色的粘土和粘壤土，它們也是具有节理的。在这种棕色的粘土和粘壤土中，往往含有結晶岩变成的漂石，其含量越往下越大。深度越大，顆粒就越粗，帶紅色，土壤种类逐漸变为典型的漂石粘壤土。

准黃土类粘壤土分佈在第二帶中部的平原地帶。按其級配來說，这种土壤的主要成分是粉粒，沒有漂石。

有些地方，偶尔能遇到典型的黃土。

在第三气候帶中，地面堆积物为黃土和准黃土，而在东部则为殘积-坡积类粘土和粘壤土。冰河堆积物、冲积土和基岩是次要的。

第四气候帶也和第三气候帶一样，广泛分佈着黃土和准黃土，占有面积不小于总面积的三分之二（11）。

其余的面积为殘积-坡积类粘壤土和粘土所占据。在河谷中則有碎石重积土和冲积土。

地下水 地下水与自然地理条件有关，特别是与气候有关，同时地下水也象土壤与植物一样服从于帶狀分佈的規律。

如果发现有与此規律不一致的現象，那是由于地下水面深度加大时气候的作用减弱了，由于地質上、地形上各因素的影响加强了，而且地下水的活动性加大了。这些因素形成特殊的地段。在这种地段具有帶外水。这种帶外水就某一气候帶來說是特殊的。

在含水过多的条件下（这是第二气候帶的特点）地下水的形成主要与降雨和地面水的滲入有关。在这里，下行滲流有着良好的发展条件。

就道路施工与养护的条件來說，深度（就路基邊緣而言）不大于2.5~3公尺的地下水（暂时性和經常性）是最为重要的；因为在此深度以下的地下水不会影响路基土壤的稳定性。

按B.C. 伊里英的意見（13），第二气候帶的很大部分属于北方高水区；而其中部則属于淺冲溝水区。

北方高水区的地下水，主要分佈于第四紀堆积层中。地下水位不深（离地面）：在分水嶺上为2~4公尺，在較低的地方地下水与沼澤水合流为一。

淺冲溝水区的地下水的埋藏深度比北方高水区大得多。只在較低地点地下水才接近地表。

冲溝和河谷中有水量丰富的泉流。

根据B.C. 伊里英的意見，下列各种地下水都属于第二帶的帶外水：

1)端冰积发达地区的地下水。在这些地区中，帶外地下水的深度各不相同，不服从于明显的規律，在同一地区內，有时直接在地面遇到，有时在地下数十公尺的地方遇到；

2)喀斯特地形发达地区的地下水。它埋藏于可溶岩类（石灰岩、石膏、白堊）的不同深度中；

3)沼澤发达地区的地下水。它分佈于地表；有时形成自由水面，有时仅使土壤飽水；

4)冲积层內的地下水。这种地下水的水位与河水、湖水有关。

除了經常性的地下水之外，暂时性的地下水即高棲水也能影响路基的水文条件。这种水分佈于地表附近，往往有不透水层^①，而处于悬挂的状态。高棲水的特点是具有季节性（融雪期、霪雨、河流的漲水和氾濫等），并且水温变化很大。高棲水与地下水相反，它在冬季通常能够冻结。它所占的面积一般是有限的（与水源的范围相符合），它存在的时间也有限度。高棲水在土壤聚水过多的季节形成，一直存在到水分蒸发或滲入地下时为止。

根据 B.C. 伊里英的意見，第三第四兩气候帶內的地下水应属于深溝地下水区、冲溝-山溝地下水区和黑海岸的山溝地下水区。地下水深度越往南越大，而在第四帶的南部，深度达到 50~60 公尺。此外，在南部和东南部，地下水的矿化作用加强。分佈于現代冲积层和古代冲积层中的地下水的深度比較不大。

根据以上对于气候、地形、地面堆积物和地下水的描述，可以看出第二帶的自然条件与第三第四帶的自然条件相比是很不相同的。

① “有不透水層”一語在原文中是“沒有不透水層”——譯者。

虽然第二带的自然条件很复杂（气候、地形、土壤和由西往东由北往南的地下水深度的变化），但整个来说，这一气候带的水分是收入超过支出的。

应该指出，随着表示含水条件、路基稳定性的资料的积累，第二气候带还可分为亚带和地区。

第二章 地区按含水条件分类。路基 稳定等级和野外确定等级的方法

当地含水的特点，首先取决于气候的条件。气候的影响是通过当地自然条件表现出来的。最主要的自然因素是地形、地质构造（土壤埋藏的特点和条件）和地下水的深度。这些因素反映在当地条件所特有的成土作用的特点上，并对多年观测中长久不变的含水情况起着决定性的作用。

一年中变化不定的天气，并不破坏含水的一般特点，而只能改变土壤中水分的含量，亦即土壤的湿度。

例如，从图 1 中可以看出，在第二带中部，路基水分按深度分布的情形在一年四季中都是相同的，仅仅是湿度有大小的变化。

土壤的上部由于雨雪而变湿，下部由于地下水而变湿。这些水渗入路基土壤之后，冬季在温差影响下，开始移动，由不太冷的地方向比较冷的地方运动。这种作用使得路面以下的土壤含水过多，由于过量的含水，土壤在春季便丧失了稳定性。

路基变湿的水源——雨水与地下水的意义，要由当地的自然环境、路基结构和排水情况来决定。

土壤因雨水而变湿时，土壤的湿度与降雨情况、土壤渗透性有关。暴雨渲洩迅速，水分来不及渗入土壤中。

久雨时，水分几乎全部渗入土壤中，特别在地面排水困难的地方是这样。在这种地段，当秋季蒸发量小时，雨水在地面上聚积起来并渗透到土壤中去。在这种情况下，往往形成高潜水。

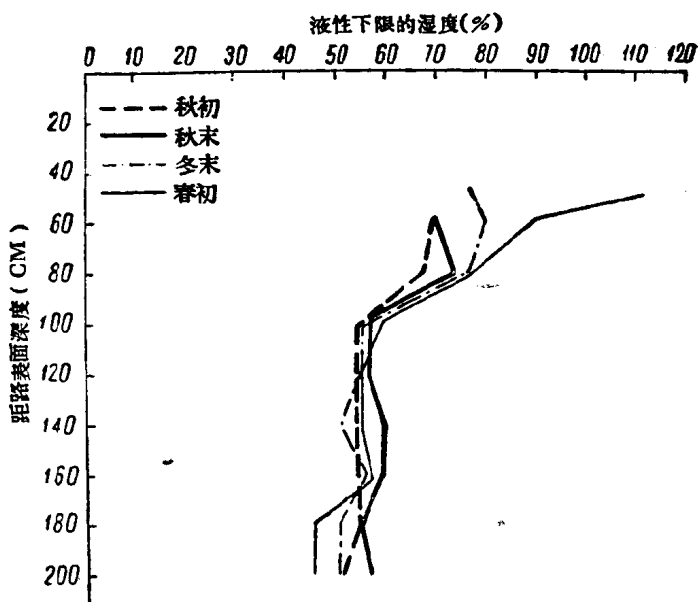


圖1 各含水期路基中湿度按深度分布圖

土壤滲透性的強弱由下列各個條件來決定：土壤變濕的程度、級配情況、膠體顆粒和有機物質的有無、土壤的結構和密度、不同級配與密度的土層的互相交錯。

土壤因地下水而變濕時，土壤的濕度同地下水離地面的深度與地下水上面土層的情況有關。毛細管作用厲害，吸水迅速而失水性不良的粉土類土壤在地下水位不深時最容易含水過多。在這樣的條件下，地下水成為上部土層含水的經常的水源，甚至，在秋季地下水位深度為2公尺左右時也是這樣。

當地地形在很大程度上決定着含水的條件，一方面，地形決定着熱和光的分布情況（山坡的朝向），因而決定着土壤干燥的程度，而另一方面也決定着雨水的分布情況。

當地形變化很大時，雨水在坡度足夠的斜坡上，流走的量

多于滲入土壤的量。当地形变化微小时（分水高原、平原、盆地、有盤形地和淺窪地的緩斜坡），雨水停积起来，因而大部分为土壤所吸收。在斜坡的下部或低地，土壤因上方地段流下的雨水而含水更多。

当地决定土壤埋藏特点和埋藏条件的地質構造是一个影响含水情况的极重要的因素。

第二气候帶的土壤的級配十分复杂，不論就面积來說，或就深度來說，在不大的距离內，就有变化；这便造成了雨水暫時聚积和产生高棲水的有利条件。

所有上述因素对土壤含水的影响，反映在成土作用的特点上。

第二气候帶具有两种成土类型：灰化土类型和沼澤土类型。属于第一类型者有灰化程度不同的灰化土和草皮灰化土。属于第二类型者有潛育土和泥炭土。在第一类型和第二类型之間有一种过渡形式——半沼澤土。

灰化土是在水分略有剩余的条件下形成的。这些多余的水分經常浸潤着土壤。水分平衡系数（水分收入与支出之比）常大于1；水分沿下行方向运动。

由于成土作用的特点和方向，灰化土具有典型的結構，在断面上清楚地区分为各个形态-发生层和亞层。灰化土的特点是在亞层 A_2 中具灰白色，不很密实，粉粒为主要成分，而在B层中，土壤却是密实的。

沼澤土是在水分大量过剩的（超过了土壤完全飽水的程度）条件下形成的。土壤的沼澤化和同泥炭土层与潛育土层的发育有关。

按照春季最大湿度的特点，可將各地区分为四种类型：

I型——正常含水地区。这种含水条件为該气候帶所固有，