

苏联 B. H. 諾 沃 日 洛 夫 著

运动场地建筑

人工土的配合方法一

运 动 場 地 建 筑 —— 人工土的配合方法 ——

苏联 B. H. 諾沃日洛夫著

饒 淑 貞 等譯

人 民 体 育 出 版 社

內 容 提 要

諾沃日洛夫是蘇聯地質礦物學副博士，又是一個優秀的田徑運動員，曾參加過多次國際比賽，對運動場地的觀察和體驗極為深刻。他根據蘇聯十數個大型體育場的修築情況和實驗分析，詳細地敘述了修築和養護田徑跑道的方；介紹了以各種方法對各種土壤的顆粒結構、粘性、滲透、彈性等情況進行分析實驗的結果，並根據不同地區、不同氣候、不同地質提出了各種建築材料的調配方法。用這種方法修築運動場地就會達到又便宜又適用的目的。

В. Н. НОВОЖИЛОВ
ИСКУССТВЕННЫЕ ГРУНТЫ В
СПОРТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
УГЛЕТЕХИЗДАТ 1953

*

統一書號：7015·620

運動場地建築 ——人工土的配合方法——

蘇聯 В. Н. 諾沃日洛夫著
饒 淑 貞 等譯

*

人民體育出版社出版
北京體育館路
(北京市書刊出版業營業許可證出字第049號)
北京崇文印刷廠印刷
新華書店發行

*

787×1092 1/32 43千字 印張2 $\frac{8}{32}$

1958年6月第1版
1958年6月第1次印刷
印數：1—1,100

定 價 [11] 0.42元

責任編輯：李接材 封面設計：喜 棟

运动場地建筑

—人工土的配合方法—

目 录

运 动 場 地 建 筑 ——人工土的配合方法——

緒言	1
（一）道路及飞机場建筑用土加固的基本原理	2
（二）苏联最大体育场人工土的物理技术性質	9
（三）合理混合物及评价其成分与状态的几个問題	43
（四）結論	52

关于运动場地建筑用人工土之 成分及状态的評價方法

緒言	58
（一）特种混合物的成分及状态的評價方法	58
（二）混合物实验室研究方法	66

緒 言

在苏联，运动建筑物的数量不断增加，每年修建几十至几百个大大小小的体育场、运动基地、水上运动站及划船运动站。就在最近期间，建成了欧洲最大的体育场——列宁格勒的“基洛夫”体育场、巴库的大体育场及莫斯科的自行车竞赛场。

仅在伟大的十月社会主义革命后，才有名符其实的运动建筑物，这种类型的文化建设，在几个五年计划期间，才得到了最大的发展。

运动建筑，作为一种新型的建筑，给设计人员及建筑人员提出了一系列新的任务，这些任务决定于运动建筑的工艺要求。所以有必要拟定运动建筑物的设计原则，作出技术上完善的标准设计，统一施工标准，以及解决一些其他问题。

就建筑体育场整个工作来说，核心运动场（运动场的中心部分，供田径赛及足球比赛用）起着很大的作用。众所周知，任何一个现代体育场，都复盖有厚0.4—0.5公尺的人工土，其底部有排水设备，以排洩大气降水及春季融化的水。

本文是讨论苏联较好的大型体育场特种混合物的物理技术性质，概述加固道路及飞机场用土的基本原理，在修建运动建筑物时运用这些原理，同时基于适应自然地理条件的运动建筑工艺要求，提出选择特种混合物的方法。

無論实际工作，或理論假設，都必須研究特种混合物的物理技術性質及其选择方法。目前在文献中有的，只是关于列宁格勒各体育场特种混合物某些性質的資料，但是既片断又陈旧，它完全不能反映現代的情况。选择混合物的現有方法有很大的差誤，既不能反映出运动場建筑地区的自然地理特征，也不能反映出場地复盖层結構的特征；选择混合物的方法沒有理論根据，运动場的复盖层大多不符合要求。

苏联体育场建筑的大規模发展，要求詳細研究特种混合物的物理技術性質，并且迫切需要研究出适合于运动建筑的工艺要求及实际需求的新的更为完善的方法。

(一) 道路及飛機場建築用土 加固的基本原理

道路及飛機場的复盖层与运动場的复盖层有些相似。那里所运用的許多加固土的方法，可以运用于运动場的建筑。

对不同复盖层之天然土进行多次观察証明，只有土的个别亚种，在全年不同季节湿度变化下，具有令人滿意的承載能力。属于这类的土有粗亚砂土及砾石土。在大多数情况下，只在一年較短的时间內，当土含有一定数量水分时，它是比較稳定的。含水量低于或高于所謂最优含水量界限，都将大大地降低土的稳定性。

A.M. 克里維斯基指出，全部有关人工加固土的措施，基本上是防止湿度的季节变化对土产生不良影响，即縮短（或完全取消）土之稳定期。

作为建筑材料，土的适用程度首先决定于它的物理力学性质；而物理力学性质又取决于含水量、细分散部分的颗粒成分、矿物成分及化学成分。B.B. 奥霍琴指出，作为道路建筑材料的大部分天然土，不能直接用于道路及飞机场建筑。这种情况对于运动场建筑用的人工土，同样起着重要的作用。

B.B. 奥霍琴、H.H. 伊万诺夫、M.M. 费拉托夫、B.M. 别兹鲁克、A.H. 列西亨娜及其他苏联学者的理论研究和试验证明，土的改良基本上以下列四种方法来进行：（1）土中加入各种粒度的粒组；（2）土中加入各种联结物质以产生附加联结；（3）加固土的粘土胶体部分（众所周知，这乃是最活动的组成部分）；（4）上述方法之数种综合加固。

下列几种土的改良方法，在道路及飞机场建筑上被广泛采用。

（1）于土中补加粒组（制配所谓最优混合物），以提高其稳定性；

（2）于土中加水泥以加固土；

（3）于土中加石灰以加固土；

（4）用有机粘结物质（沥青、煤焦油及其他）处理土；

（5）于土中加泥炭或其他富含腐植质之有机物，以提高土的稳定性；

（6）砂化法加固土；

（7）焙烧法提高土的稳定性[●]。

● 还有一系列加固土的方法，但它们对于本文来说是次要的。

在制配运动場建筑人工复盖层的实际工作中，应广泛应用上述的大部分改良土的方法。在运动場建筑上，水泥加固及砂化法很少采用。在解决农庄及学校运动場的简单复盖层时，应采用粘土焙烧法。

下面談談对于运动場建筑最普遍应用的加固土的方法。

一、补加粒組改良土

对道路、飞机場及运动場中使用天然土的观察証明，不同湿度的天然土，只当其顆粒成分局限于狹窄的范围内，并且具有一定的物理力学性質时，才能合乎使用要求。B.B. 奥霍琴及H.H. 伊万諾夫多次試驗及理論研究的結果，拟定了論証选择这种土料的成分的基本原则。

他們認為，具有細砾石或粗砂骨架，其孔隙被細砂粒充填，顆粒間有粉土粒的土，从其在复盖层作用的情况来看，是最好的土或土的混合物。整个这一体系与起胶結作用的粘土溶液有关。在各个粒度不同的顆粒相互配合的同时，也达到了最大的密度。

B.B. 奥霍琴論述土的物理力学性質时指出，土的性質主要是决定于顆粒成分，并首先是土中粘土顆粒的含量。

B.B. 奥霍琴对土的物理力学性質的研究及对“标准”道路地段无数次的观察，使他发现下列利用补加粒組改良土的基本規律。

1. 土中必需含有足够数量的粘土顆粒，以保証在干燥状态下各粒組間具有必要的粘結性，但在湿润状态下其含量不应过多。

土中粘土顆粒含量的范围，取决于一系列的因素：

①由粘土、粉土及砂組成的道路鋪面，粘土顆粒含量不应小于5%及大于15%；

②气候潮湿，一年中大部分時間內道路鋪面处于湿润状态的地方，粘土顆粒含量約为5%。气候干燥时可达其上限值，但不得超过10—15%；

③土的骨架的粒度影响着粘土顆粒的含量。在砾石土中，粘土顆粒含量应减至5—8%。在砾石路鋪面，其含量更小，由3%到5%；

④所有上述粘土顆粒含量的范围系平均数值，并与其性質、矿物成分、分散程度及交换离子的成分有密切的关系。当其他条件相同时，粘土顆粒的含量决定于其物理力学性質。对于最优混合物，采用下列物理力学性質指标：塑性指数0.6至6，砂粘土質混合物的最大粘着力小于80克/平方公分，貫入强度不小于22公斤/平方公分，抗压强度20—32公斤/平方公分。

2. 不仅是粘土顆粒而且骨架对土的稳定性也有重要的意义。当构成骨架的顆粒（不同粒度）的比例賦予土以最小孔隙度时，那么土将具有最大的稳定性。

用实验方法确定：

①当填料直径为充填粒組細粒直径的16倍或更大，并且其重量为该粒組重量的 $\frac{3}{7}$ (0.43)时，土的孔隙度最小。如果填料小于充填粒組 $\frac{3}{4}$ ，那么为获得最小孔隙度，应取其含量等于充填粒組重量之 $\frac{2}{3}$ (0.66)。比率 $\frac{2}{3}$ 等于比率 $\frac{3}{7}$ 之平方根。当直径比为2的粒組相混合时，用实验方法难于确定填

料与充填粒組的最优比例，因为孔隙度变化小，并且其变化几乎总是在試驗誤差范围之内。

②如果粒組大小比率为4:1，等于粒組大小比率为16:1的平方根；在此种情况下（即当粒組大小比率为2），則粒組重量比率为粒組大小比率等于4时粒組重量比率的平方根，或粒組大小比率等于16时的粒組重量比率的四次方根。此比率为0.81。

③道路复盖层的最优土是这样的，其每一粒組的直径，比前一粒組小一半，而重量比率，即所謂递减系数为0.81。

④在配制一系列粒組混合物的組成时，允許偏出递减系数0.81之局限，可增至0.9，或减至0.71。

3. 最稳定混合物主要粒組的允許含量如下：

砂粒（2—0.25公厘）	70—40%
砂和粉土顆粒（0.25—0.05公厘）	35—20%
粉土顆粒（0.05—0.005公厘）	20—6%
粘土顆粒（小于0.005公厘）	15—5%

符合上述要求的土，称为最优土或最优混合物。

飞机场建筑用最优混合物成分的范围，用實驗方法确定如下表（表1）。

表 1

粒 組	含 量%	
	正常湿润及不够湿润的地 区	过湿润地区
砂（2—0.05公厘）	55—80	65—85
粉土（0.05—0.005公厘）	15—35	10—30
粘土（小于0.005公厘）	6—14	3—10

Г.В.鮑科莫洛夫、Н.В.尼古拉耶夫等所著的“軍事地質學”教科書中，也大致地提出了這樣的比例。

從飛機場建築實踐中確定，具有粗砂骨架的混合物效果較好。在此種情況下，當其含細礫石（5—2公厘）約20%時，其混合物最穩定。

二、干土中加石灰以加固土

В.В.奧霍琴、М.М.費拉托夫、В.雅諾夫斯基、В.М.別茲魯克等人的多次實驗及理論工作，論證了加石灰于土中以提高道路建築用土的性質。

通常採用熟石灰粉或石灰末，有時是用生石灰粉來處理土。

石灰加固作用，首先是基於在土壤及空氣中所含的碳酸作用下，石灰在變成碳酸鈣的過程中細土顆粒起膠結作用；其次是由于物理化學現象而產生的土細分散相的凝聚作用等，這有如加水泥于土中所產生的現象。

研究結果確定：①加5—7%（按重量）換算成CaO的石灰最有效；②加石灰于土中時，根本地改變了土的物理力學性質：降低可塑性，減小膨脹，完全失去粘着性，大大地延緩了崩解作用，提高了土的抗壓強度（幾乎一倍），並且最後使處於濕潤狀態下的土的承載能力稍有提高。

三、用有機粘結物質處理土

有機粘結物質（瀝青、煤焦油、松脂）加于土中後，大大地改變了土的物理力學性質。

根据M.M. 費拉托夫的理論，含瀝青的物質与土的細分散部分作用时，形成了所謂“瀝青-粘土”吸附連結。

含瀝青土呈网状，其中乃是為瀝青物質的細封閉圈所包围的砂粒及粉土顆粒。当有粘土顆粒存在时，土形成了具有彈性的集合体孔隙构造，这对建筑运动場是很重要的。对瀝青粘土質土的研究証明，粘土見水后停止膨胀，而瀝青具有塑性体的性質。

有机粘結物質（例如在飞机場建筑上）常常采用石油瀝青、油頁岩瀝青、天然瀝青（少用）、瀝青（煤焦油）混浊液、各种煤焦油物質（煤的、泥炭的、木質的煤焦油等）和各种松脂。

不管各种商标的瀝青物質的物理化学性質特点，最常采用的是具有高粘滯性指标的瀝青。瀝青物質的采用提高了土的內聚力，提高了崩解稳定性，透水性几乎降低为零，同时提高了土在不同湿度下的承載能力。

当土的天然或人工混合物按成分接近于最优混合物时，瀝青加固达到最大的效果。

在道路及飞机場建筑的实际工作中，用有机粘結物質处理土，通常以下列方法进行：①表层处理（有效深度1.5—2.5公分）；②浸透法（有粗粒土时，深度可达8公分）；③原地攪拌（深达10—15公分）；④在專門設備上攪拌。

对于运动場建筑，浸透法及原地攪拌是最常采用的处理土的方法。

四、干土中加泥炭及其他有机

物質以提高土的穩定性

已分解的有机物質加入砂土后，大大地提高了它的物理力学性質。

B.B. 奧霍琴、M.M. 費拉托夫、M.M. 普罗托基揚科諾夫等人的实验証明，泥炭、腐植質及其他有机物質加入砂土后，大大地降低了透水性，提高了土浸于水中时的稳定性，增大了抗压强度。采用已強烈分解过的泥炭亚种，能得到最好的效果。

M.M. 費拉托夫認為，补加12—15%（按重量）已分解的泥炭（风干物質）及25—30%未分解的泥炭最有效。

B.B. 奧霍琴指出，如果在加泥炭的同时，加上1—2%（按重量）电解質—氯化鉄、綠矾、硫酸鈣或氯化鈣，那么加入土中的泥炭可减少至1—2%。建議用潮湿的泥炭，不要用于粉末的。

因此，大部分道路及飞机場建筑用土的加固方法，在建筑运动場复盖层时也可以采用，但应考虑运动場复盖层的特点。

（二）苏联最大体育場人工土的

物理技术性質

研究田径运动場地的上层即所謂“特种混合物”时，須密切地与整个人工土层的构造特征結合起来。同时要注意埋

藏在人工复盖层基底下的土。

我們所选择的研究对象是在苏联欧洲部分常举行国际田径赛及全苏田径赛的最大的体育场。其中包括列宁格勒“明吉克”志愿体育协会的体育场，莫斯科的“迪那摩”及“斯大林人”体育场，基辅的“赫鲁晓夫”及哈尔科夫的“迪那摩”体育场。此外，在伊万诺夫、基辅、哈尔科夫及普里奥泽尔斯克的体育场分别地进行了研究。

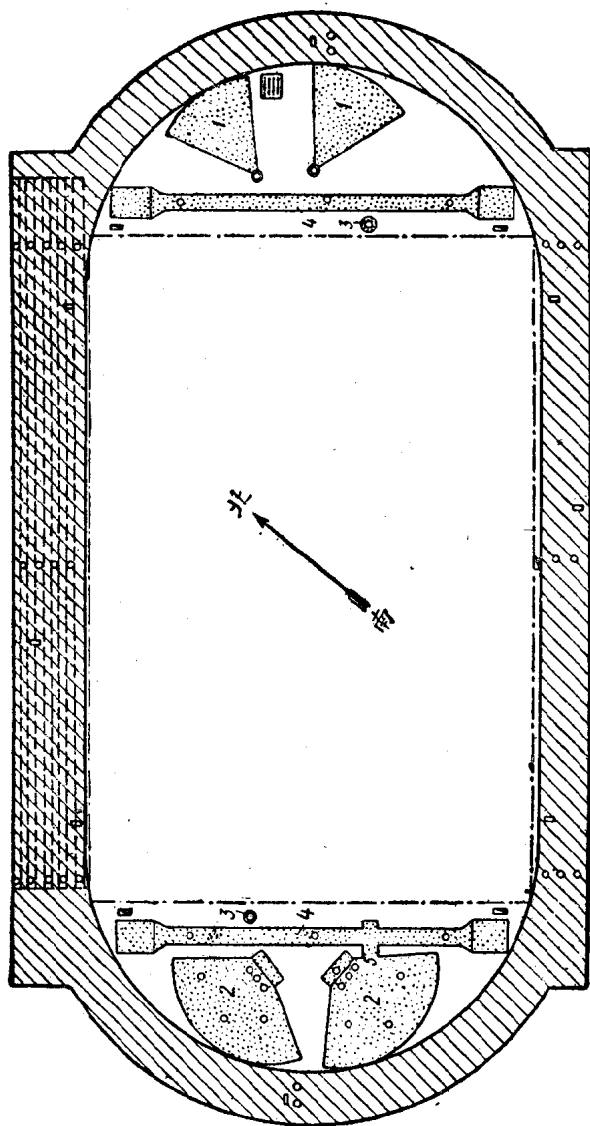
试样的采取及分析 从每个体育场复盖层的上部取50—70个特种混合物试样，自中层及下层取7—10个试样。特种混合物试样为原状土，大小为 20×12 公分（相当于整个复盖层的上部）。取样时测定土样的含水量及进行肉眼描述。天然湿度及未破坏结构土样进行封腊并送至实验室。在举行比赛及进行训练时也要取样。

取样按方格网进行，并考虑人工复盖层各部分的意义。分段间距为50公尺，每分段范围内试样间距为1.25—3.0公尺。

试样布置的标准示意图见图1。

复盖层的构造 用试坑研究运动场地人工复盖层的构造。试坑的断面为 0.3×0.4 公尺，贯穿整个人工复盖层，并深入部分下伏岩石，在运动场地上的试坑数量不超过15—20个。在人工土基底下所埋藏的岩石中同样要掘试坑，但其布置网较稀（在运动场8—10个）。深度不超过4公尺（很少是8公尺），并且深度取决于地下水位及岩石的性质。试坑的断面取由 0.6×0.8 至 0.9×1.3 公尺。

试坑的数量及位置，在各种不同情况下取决于核心运动场范围内的各个场地及其位置。莫斯科“迪那摩”体育场核



图例

- | | | | | | |
|---|---------|---|-----------|---|-----------|
| □ | 试坑 | □ | 跑道的特种混合物 | □ | 足球场及田赛区草坪 |
| □ | 跑道边缘的试坑 | □ | 田赛区的特种混合物 | □ | 足球场界限 |
| □ | 特种混合物样品 | □ | 障碍跑水坑 | □ | 跑道分道线 |
- 图1 莫斯科“迪那摩”体育场核心运动场试坑布置及特种混合物取样地点平面图
 1. 推铅球区; 2. 掷铁饼区; 3. 跳高助跑区; 4. 跳远助跑道; 5. 掷标枪区

心运动場上的試坑平面布置图见图 1。

根据試坑的資料作出表 2，以說明苏联大型体育場跑道的构造及埋藏在这些体育場底部的岩石的性質。

对体育場地区岩石的岩性及水文地質条件的研究，說明人工复盖层是在各种不同的岩石上——由黃土到人工冲填土，包括文化层。地下水位也很不同，变化从 0.9（基輔的“赫魯晓夫”体育場）至 15—20 公尺（哈尔科夫的“迪那摩”体育場）。

按构造特征，可将已研究过的体育場的复盖层分为两种类型：三层的及四层的。它們的区别是：四层的在上下层間不是一个而是两个中間过渡层。莫斯科“迪那摩”体育場、基輔“赫魯晓夫”体育場及列宁格勒“明吉克”体育場是三层的；其他是四层的。

这些体育場复盖层厚度的变化范围很大——从 27 到 40 公分，同时与苏联标准核心运动場标准設計（28 公分）有很大的差别。

复盖层的上部（特种混合物）乃是同名的混合物，在大多数情况下厚度为 8—10 公分，而仅有列宁格勒“明吉克”体育場为 5—7 公分。

四层类型复盖层的中层（第一层）是薄泥炭夹层（2 公分）。

两种类型复盖层的中层（第二层）由等粒爐渣（莫斯科“迪那摩”体育場、基輔“赫魯晓夫”体育場）或非等粒爐渣組成。爐渣顆粒的大小由 1 到 5 公分。厚度不固定，其变化从 10 公分（“斯大林人”体育場）到 20 公分（“赫魯晓夫”