

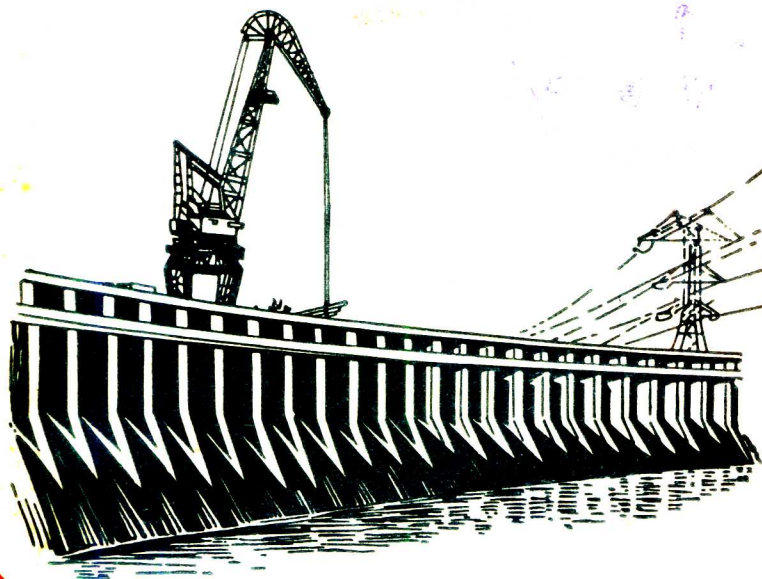
86834
BGS

61412

089194

水利填築工程的 機械化施工

Л. Д. 包果斯洛夫斯基 著



水利出版社

水利部
编

水利部

水利部

水利填築工程的 機械化施工

水利部 水利部水利部 編



水利部水利部

水利填筑工程的机械化施工

(原名“使用机械压实时填方的修筑和回填土”)

Л. Д. 包果斯洛夫斯基 著

蔡先礼 译 吕元平 校

水利出版社

1957年9月

在这本小册子里，说明水工建設中使用机械压实时如何進行填方和回填的方法。著者根据苏联現行的法令及巨大水工建筑的施工經驗，提出在各种条件下進行工作的建議。

本書適于水利工程人員的參考。

水利填築工程的机械化施工

原 書 名 ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ И ОБРАТНЫЕ
ЗАСЫПКИ ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ ГРУН-
ТОВ МЕХАНИЧЕСКИМ УПЛОТНЕНИЕМ
原 著 者 Л. Д. БОГОСЛОВСКИЙ
原 出 版 处 ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И
АРХИТЕКТУРЕ
原出版年份 1952
譯 者 蔡先礼
校 者 吕元平
出 版 者 水利出版社（北京和平門內北新華街35号）
北京市書刊出版業營業許可証出字第080号
印 刷 者 水利出版社印刷厂（北京西城成方街13号）
發 行 者 新華書店

25千字 787×1092 1/32开 1 1/2印張

1955年6月上海第一版 1957年9月北京第二次印刷 印数2001—2,900

統一書号：15047.97 定价：（10）0.22元

（由財政經濟出版社轉來紙型印刷）

前 言

在古比雪夫水電站、斯大林格勒水電站和卡霍夫水電站，土庫曼運河、南烏克蘭運河、北克里木運河和伏爾加-頓河通航水路等這些偉大的斯大林共產主義建設工程的修築中，參加了千千萬萬的工程技術人員、工長和建設工人們。

這些宏偉的水電站和運河工程，在全蘇維埃人民的積極支持下，利用蘇維埃科學和技術上的全部成就，要在空前短促的工期內完成。

全蘇科學工程技術建設者協會和國家建設建築出版局認為他們自己對幫助偉大的共產主義建設的參加者們完成巨大的建設綱領上負有極重大的任務。為此，特出版“偉大的共產主義建設”小叢書，以供工程技術人員、工長和工人們學習。

全蘇科學工程技術建設者協會主席團，希望工程技術人員、工長和工人們能够利用“偉大的共產主義建設”小叢書，做為協會對他們在實際工作中所發生的問題之解答。

協會地址：莫斯科維托雪內依街 2 號 259 室

目 次

1. 關於填築工程及其所用土壤的概念	5
2. 取土場的選擇和它的準備工作	9
3. 填築工程之施工	15
4. 填方的壓實及其所用機械	26
5. 填方土料的潤濕	34
6. 大孔土攔河壩和堤的填築	35
7. 非均質土壩之填築	36
8. 建築物附屬的回填土和無承壓的填方	38
9. 填方的冬季施工	40
10. 檢查壓實的組織	45
參考文獻	47

1. 關於填築工程及其所用土壤的概念

攔河壩、堤、護底和斜牆的填方，混凝土建築物內部和基礎的土壤（岩盤）接合的填方，和隔堤及碼頭填方等，均屬於水工建築物的填築工程。

水工建築物的填築工程，可用一種亦可用數種土壤填築；所用土壤有：黏結性土壤——黏土、壤土和砂壤土；及無黏結性土壤——砂。

按填築工程的工作條件，可分成：承壓的——攔河壩及堤；和無承壓的——隔堤及碼頭等。填築工程，在任何情況下都必須是穩定的，在使用期間不發生顯著沉落和變形。

為使填築工程穩定並達到它的質量要求，所用土壤應經過適當的處理及壓實。

承壓的壩、堤、護底、斜牆及有些混凝土建築物與土壤或岩盤接合的填方，皆應有盡量小的透水性。為此，就須經過適當的土壤選擇，並須將土壤壓實到很緊密的程度。

設計中規定了土壤之壓實程度。

在任何情況下，填方所用土料皆應純淨，不含任何雜質或植物殘餘。至於溶解的氯化鹽或其它鹽類，則在技術規範和規定中，都確定了它的容許含量。例如，1950年伏爾加-頓河水利工程建設“用一般非黃土類的黏土類和砂土類土壤，修築分層滾壓式攔河壩與堤的規定”中指出：氯化鹽含量不應超過2%，石膏不應超過5%。

各種土壤的壓實性不同，而各與其空隙率有關：黏土類土壤可緊縮得多些，砂土類土壤則少些。

填築在填方中之土壤的密度，由其乾土重而定。土壤在一定的狀態下，其單位體積內固體顆粒的重量，稱為乾土重，用字母“ γ ”表示。

乾土重係由土工試驗室來測定，隨土壤的空隙率之不同其變動範圍頗大；黏土類土壤介於1.10—1.50公噸/立方公尺之間，砂土類土壤則可達到1.8公噸/立方公尺。

含水量決定於土壤單位體積內的水量，以字母“ ω ”表示。

土壤空隙中的水重與其乾土重之比，稱為土壤含水量，用百分比表示：

$$\omega = \frac{q_{\text{濕}} - q_{\text{乾}}}{q_{\text{乾}}} \times 100,$$

式中： $q_{\text{濕}}$ —— 濕土之土重；

$q_{\text{乾}}$ —— 乾土之土重。

此處濕土之土重，係指在土場或填方中取土樣當時的土壤之土重。

乾土重量係將同一土壤放在烘箱中，烘至恆重時之重量。

在修築土質的水工建築物時，土壤被視為一種建築材料，它在經過適當的處理後能具有並保持所要求的形狀和性能。

擬定作為填築用的土料之結構性能，應在使用之前加以確定。

一系列的試驗表明：黏結性土壤的基本結構性質，可用一個綜合的數字指標表示；將其與壓實程度的數字指標——特別是與乾重——結合起來，這是一切土力計算的基礎。

上述指標，係指土壤之塑性指數。在該指數中，反映出：土壤單位體積內各種粒徑的百分比，土壤分子與水分子間的分子作用力之大小，及土壤在塑性狀態下之含水量限界。

黏結性土壤，隨其含水量的變化，可以是處於固體、塑性體和流體狀態。

土壤在壓力影響下能產生變形；將使其變形的力除去後仍保持它所成的形狀：此種性質稱為土壤之塑性。黏土和黏土類土壤具有極大的塑性，而砂則完全沒有塑性。

塑性指數一詞係指某含水量範圍的差數；在該限界中，土壤是有塑性的。經 A. Ф. 列別節夫的研究，此數相當於最大分子吸水量。

塑性指數 Φ 代表——含水範圍，在該範圍內土壤能保持塑性體的性質，亦等於流體下限 F 與搓條限界或塑性下限 A 的差數：

$$\Phi = F - A.$$

土壤含水量相當於塑性上限時，則不能作為建築材料；因它將會流動。如土壤含水量相當於最小的塑性下限時，土壤很難處理，為達到規定之密度，需化費很多工作。

經許多試驗得出，黏結性土壤最易壓實時的含水量，近似塑性指數的下限，大約在乾土重量的 18—24% 之間。砂土類土壤的最優含水量較黏結性土壤小的很多，它在乾土重量的 8—12% 之間。

設計中要擬出填築之土壤密度也就是填方之質量要求。

承壓的攔河壩、堤、斜牆、護底的填方，迎水面的回填等之壓實程度的要求均屬於第一級。

承壓的攔河壩、堤的高於最高水位部分、隔堤和碼頭，擋土牆後的回填和其它較不重要的填方一般地屬於第二級。

用黏結性土壤填築之一級填築工程的控制乾土重 δ_k ，按下式求得：

$$\delta_k = \frac{\Delta}{1 + \Delta(A + 0.1\Phi)};$$

對於二級填築工程則用：

$$\delta_k = \frac{\Delta}{1 + \Delta(A + 0.3\Phi)},$$

式中 Δ ——土粒比重，砂土類土壤採用 2.65，黏土和壤土採用 2.7；

A ——搓條限界，以小數計；

Φ ——塑性指數。

砂土類土壤的密度，係由土壤在極鬆散與極緊實的狀態下其乾土重之比值——即相對密度係數——來測定，此值用字母 D 來表示，一級填築工程用 0.65，二級採用 0.55，（參閱 1950 年伏爾加-頓河水利工程建設“用一般非黃土類的黏土類和砂土類土壤，修築分層滾壓式攔河壩與堤的規定”）。

砂土類土壤之控制乾土重 δ_k 由下式求得：

$$\delta_k = \frac{\delta_p \delta_n}{(1-D) + \delta_p D}$$

式中 δ_p ——土壤在極鬆散的狀態下的乾土重；

δ_n ——土壤在極緊密的狀態下的乾土重。

2. 取土場的選擇和它的準備工作

在工程地質勘察的基礎上，來選擇水利填築工程的取土場；取土場應適應於設計對填築土料的要求。

選擇取土場必須考慮到浮土的厚度、地形、土壤含水量及取土場至用土建築物之距離等。

取土場內的土壤之均勻性有極現實的意義。

如在黏土和壤土場中存有砂土類土層，或在砂土類中存有黏土類土層，則這些土層必須清除；因在堤壩中砂土與黏土混在一起填築是不允許的。

取土場最好儘量佈置在需用該土場土料之建築物附近。

如取土場佈置在上游低於庫水面時，則取土場靠近堤壩

的邊界，要按建築物基礎的滲透規範來決定，並須在設計中指明。如取土場在下游時，不允許將它佈置在建築物之浸潤綫範圍以內，以免從建築物中滲出之水匯聚於取土場中。

取土場與填築無承壓堤的最近距離，要由建築物邊坡的穩定性及考慮到土場邊坡塌落的可能性來決定。

取土場即使佈置在不被淹沒的地區，亦應保證取土場能排出表面逕流和地下逕流。

在各項條件都具備後，土場的最終選擇是由土方成本的最低值而定。

取土場挖掘前的準備工作包括：清除其地表的樹林及灌木叢，去掉土場中所取土料上面的覆蓋層，以及設法保證從取土場取出的土壤具有最優的含水量。

小樹林和灌木叢的清理，可以使用裝置在 C-80 拖拉機上的清根機，如沒有這種機械，可改用推土機切斷小灌木叢及小樹根；同時，小樹被吊在推土機前面的刮刀伐倒。

取土場之清理，如僅係去掉表面植物層，則極宜使用推土機或鏟運機進行；而在表土運距不超過 50 公尺、厚度不深於 0.5 公尺時，則使用推土機更為合適。

表土運距大於 50 公尺，表土厚度大於 0.5 公尺時，宜使用鏟運機。

在過乾的堅土上和表面植物層中存有樹木殘根時進行工作時，建議事先用鬆土機將土壤翻鬆，以提高推土機或鏟運機

的生產率。

清除之植物層，如以後在栽培草皮時仍有利用價值，應將它堆置在另外的區域內。

如取土場所清除之表土層頗深，可用鏟運機或挖土機進行清除表土。

清除的土層中沒有樹根和頑石，而浮土運距又不超過500—600公尺時，宜採用鏟運機進行清除表土。

使用鏟運機如有樹根、樹墩或其它障礙物，或表土運距很遠時，可改用挖斗容積為0.5—1.0立方公尺的挖土機，藉鐵路或汽車將表土運走。

如果浮土可堆置在自取土場運土之公路或鐵路旁側的已經取過的土場部分內，用挖土機挖土時，可使用拖索式的挖土機進行清除表土工作。此時清除表土是成條狀進行，其寬度應符合直鏟式挖土機的取土工作面的擬定寬度。

拖索式挖土機，在擬定的直鏟式挖土機的工作面之上方靠近邊緣移動，在前進方向的背後按條狀去土，並將表土卸於道路的外側（參見圖1）。

如上所述，倘欲使填土壓實所耗工作最少，則土壤應具有最優含水量。

如取土場中土壤之含水量不是最優含水量；則在多餘水分的地區，須挖截水溝和排水溝以疏導取土場之水分；而在氣候乾燥地區，應設法保持自然含水量，用攔雪和其它方法以蓄

存水分。

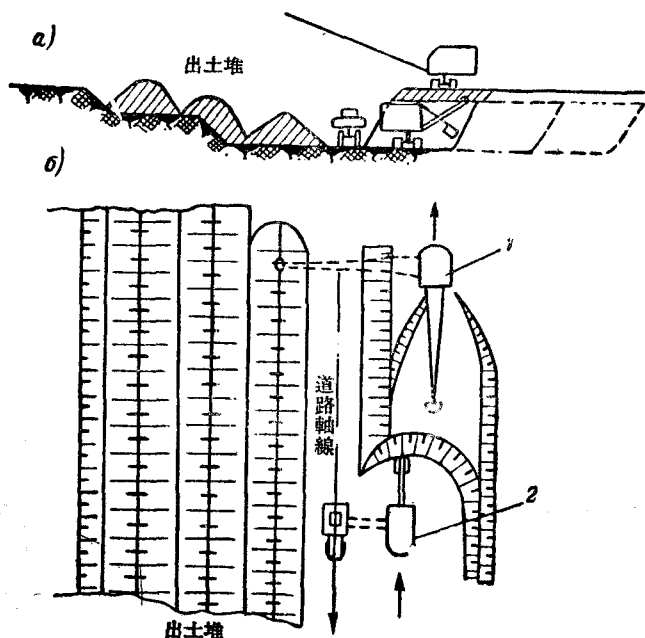


圖 1. 取土場去表土並將其移置在取過土壤的地方之示意圖

(a) 斷面圖; (b) 平面圖;

(1) 拖索式挖土機在去表土; (2) 直鏟式挖土機。

如不可能使土料達到要求的潤濕程度時，則需往土料上灑水。

黏結性土壤用灑水的方法潤濕時，按照下列理由應在取土場進行。挖土機挖掘時，部分土料變成粉末，而部分仍成塊狀，這些土塊在平土工作中通常仍不能被破碎。

在填築這類過乾土塊的土料係用灑水的辦法潤濕時，水分不能滲透到土壤內部，所以它等於仍是乾的；而土料的粉碎了的部分就變成了稀泥，壓實時黏在羊足輥的羊足中間，降低了羊足輥的效能。

此外，土料含水量不均勻，就不能得到均勻的土方，因而也就降低了填築質量。

在取土場中浸濕土壤，可以得到均勻的土壤含水量，潤濕了的土料用挖土機容易挖掘，在填築上亦易於壓實。

填方之工作面較取土場受有限制，除土料運輸外，尚需進行平土和壓實；故在取土場中加水較在填方上簡單，因為取土工作面不受限制和擁擠。

使土壤潤濕，可採用挖掘引水溝的方法將水引入取土場；或者用築圍堤的方法，使取土場分成的幾個土區全部浸在水內。

取土場浸濕所需水量，決定於取土場的自然含水量和土料壓實所需的最優含水量，由下式求得：

$$V = \frac{\omega_0 - \omega_k}{1 + \omega_k} P,$$

式中： ω_0 —— 最優含水量；

ω_k —— 取土場之含水量；

P —— 每立方公尺土料之重量。

例如取土場土料之含水量 $\omega_k = 10\%$ ，而其最優含水量 $\omega_0 = 21\%$ ，每立方公尺土料重量 $P = 1.7$ 公噸，則浸濕所需的

水量爲：

$$V = \frac{0.21 - 0.1}{1 + 0.1} \times 1.7 = 0.17 \text{ 立方公尺/1立方公尺土料。}$$

由於一部分水分被蒸發，一部分水分在挖土坑內滲透；故實際所需水量常較此數大些。

水浸透到整個挖掘深度所需的時間，與土壤的透水性有關；因之不能正確求得，須憑試驗方法估算。爲浸潤方便，可將土場劃分爲許多小塊場地。

取土場的浸潤區的尺寸，由土壤潤濕所需之時間、取土場之挖掘進度及保證工作之連續性而定。

在現用的工作面之取土接近終了時，依挖掘次序的下一工作面應該潤濕到需要程度。

根據修建伏爾加-頓河運河所得的經驗：用黃土型土料修築攔河壩，以鏟運機取土，取土場自然含水量是10%，在取土場區域內澆水，澆水次日土場之表面含水量是20—21%，即平均每向土場澆注一公分深的水，可浸濕6—7公分之土層。

澆水的吸收速度隨土料之性質（與黏土顆粒含量、空隙率及鼠洞等有關）而異，其範圍介於2.35—4公分/時之間。

另外一個情況：修築克達-庫爾崗攔河壩係用大孔之黃土型土料填築，以挖土機取土藉鐵路和汽車將土壤運至壩上，用表面澆水的方法潤濕取土場，澆水深度是70公分。

取土場中直接澆水的面積佔全部面積的50%。挖掘深度約達5公尺。土壤自然含水量是8%，潤濕後土場中的土料之

含水量達到 21%。1 立方公尺土料潤濕所耗水量約 200 升。澆水完全被土壤吸收並均勻地分佈在挖掘深度中，則約需一個半月的時間。在取土場內及運輸鋪築的過程中由於蒸發而致的含水量損失，測得為總澆水量的 20%。

在暑期進行的土料填築，係藉澆水的方法將以前鋪好並經輾實的上層補加潤濕，每立方公尺土料約加 60 升的水量。

從上述例子中可明顯看出，為使土料達到最優含水量需要頗多的水量。

在乾燥地區，運輸潤濕土料所需的水量需頗多的附加費用；所以在施工中必需儘力保護土料的自然含水量及在取土場藉潤濕所得的含水量；須防止土料在工作過程中變乾，尤其在熱天和有風天更應特別注意。

因蒸發係從表面進行；所以取土場表土的清除，應該直接在其挖掘和澆水前進行，儘量減少鋪土、平土和壓實的時間；在土壤運輸和處理的每一循環中都不允許發生中斷現象。

由於水源缺乏而不能進行補充潤濕時，尤應特別注意遵守這些條件。

當土壤不可能潤濕到最優含水量時，壓實土料只好在少於最優含水量的情況下進行，這就要浪費工作量了。

3. 填築工程之施工

進行填壓土方的施工，包括下列幾道工序：(1)基礎的準