

176738

基本馆藏

水利工程的水力机械化

C.Г. 叶菲莫夫 著



水利电力出版社

44

21
5/4444

水利工程的水力机械化

С. Г. 叶菲莫夫 著

武汉水利学院施工組織与机械化教研組 译

水利电力出版社

1958年7月

205851

水利工程的水力机械化

984 S 226

原 書 名 ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
原 著 者 С. Г. 叶菲莫夫
譯 者 武汉水利学院施工組織与机械化教研組
出 版 者 水利电力出版社 (北京西郊科学路三里营)
北京市书刊出版业营业許可証出字第 105 号
印 刷 者 水利电力出版社印刷厂 (北京西城成方街 13 号)
发 行 者 新华书店

92 千字 787×1092 1/32 开 4 1/4 印張
1958 年 7 月第一版 北京第一次印刷 印数 1—2,500
統一書号: 15143·853 定价: (10) 0.7 元

目 錄

代 序	3
第一章 緒論	5
§1 水力机械化的概念	5
§2 苏联在水力机械化方面的成就	6
§3 水力机械化方法的优缺点	9
§4 水力机械化在水建和水改工程中的应用	12
§5 土壤的基本特性	13
§6 泥漿濃度	16
第二章 水枪挖土	19
§1 水流束冲刷土壤的理論	19
§2 水枪挖土的方法	24
§3 缺口和掌子尺寸的計算	33
§4 进行水枪作业的设备	36
§5 水枪作业的組織与施工	56
第三章 用吸取法进行水下挖土	65
§1 吸取法冲刷土壤的理論	65
§2 用吸取法进行水下挖土的裝置	68
§3 吸泥船	68
§4 吸泥船作业的施工	72
§5 吸泥船作业組織的概述	80
§6 吸泥船的冬季施工	85
第四章 水力运送土壤	87
§1 水力运送土壤的概述	87
§2 有压和无压水力运送的水力計算	89
第五章 輸水管和輸泥管	99

§1 用途和構造	99
§2 管子的連接	100
§3 管路的附件	102
§4 自流式水力運送的槽子	103
第六章 冲填結構物的填土	104
§1 冲填結構物的形式	104
§2 土壤壓密現象	108
§3 冲填用的土壤	110
§4 高質量填方的冲填方法	110
§5 兩面冲填法	111
§6 一面冲填法	124
§7 嵌填法	125
§8 排弃澄清泥漿的結構物	127
§9 冲填段	130
§10 用某些細粒粘性土壤冲填高質量填方的特点	132
主要参考文献目录	134
附录 1	
附录 2	

代 序

土方工程的水力機械化施工在世界上已經有一百多年的历史。从最早的淘沙金进展到冲刷淤灘,整理河道,再发展到疏浚港口、冲填高质量的水工建筑物(如土壩和土堤等)、修筑运河和渠道以及用在开挖水下基坑和灌溉渠道的清淤工作等。适用于土壤的机械組成范围,已由較粗的砂石扩展到較細的粘壤土。在工作条件上已不受严寒气候和雨季的限制。在有水和动力的条件下,土方工程的水力機械化施工是最迅速最經濟的施工方法。

帝俄时代已采用了土方工程水力機械化的施工方法,那时的俄国工程师已发明了和現在基本相同的水枪,也发明了吸泥船。自从十月革命后,苏联在土方工程水力機械化方面有着飞跃的发展,无论在土方数量上、水力機械化的理論上和技术上,都赶上了而且还远远超过了資本主义国家。現在进行的几項改造自然的偉大的共产主义建設,如斯大林格勒、古比雪夫等水电站和土庫曼大运河等,数以亿計的土方工作量就有 75% 是用水力機械化方法进行的。

我国在解放前只有几条挖泥船在几个港口上疏浚航道,冲填窪地,替帝国主义者掠夺物資的工作創造条件。解放以来,为了发展工业和农业,在全国各地修建水利工程和許多基本建設上每年都进行着以千万公方計算的土方工程。在施工方法上已逐漸由人工的鏟挖担运向機械化施工方面改进。

为了更迅速更經濟的发展我国的国民經济，对土方工程水力机械化应及时研究和采用。

莫斯科水利工程师学院苏联水利施工專家叶菲莫夫曾在武汉水利学院講学。他看到我国偉大的經濟建設中，在进行着数量巨大的土方工程上还未广泛采用先进的施工方法，所以便很細致地来介紹苏联水利施工方面的先进理論和技术，并系統地編写了施工技术 with 施工机構的講稿。为了更迅速地傳播土方工程水力机械化方面的科学知識，特把講稿中土方工程水力机械化部分提前整理付印，以供全国土建方面的工程师和技术員們学习、参考之用。这本小冊子無論在理論上和技术上都有着很重要的意义，將來在我国土方工程水力机械化的发展上，一定会起着推进和指导的作用。我們謹向原著者叶菲莫夫專家致以亲切的謝意。

最后，不能不声明一句，我們自己受着业务水平的限制，在翻譯和文字上一定会有不妥当的地方，請讀者随时提出，以便再版时修正。

武汉水利学院施工組織与机械化教研組

1956年10月

第一章 緒 論

§1 水力机械化的概念

土方作业中采用的水力机械化，乃是借水的作用来进行挖土、运土和填土的一种施工方法。用水力机械化方法来开挖各种水上挖方（高地采料场、渠道、基坑等等），也可用来进行水下挖土（河床采料场，淹没基坑，渠道的水下部分及其他）。在水上开挖时，是借在压力作用下从特殊设备（水枪）中射出的密实水流束的作用破坏土壤的结构；这样水和土壤颗粒便形成液态混合物（泥浆），沿管子底部向下流入到专用的集泥井里，再从这里沿管路抽送到填土地点；或是沿管子底部流入到槽子里，再沿槽子以自流方式流到填土地点。在填土处，泥浆散流开，流速逐渐消减，因而土壤颗粒从水中沉淀出来；并自泥浆流出地点向其流动方向按颗粒大小逐渐减小地分布着。在水下开挖时，吸泥泵（构造有所改变的离心式水泵）借吸管的吸力作用，使土壤颗粒离开原土体，然后与水拌合形成泥浆，再沿吸管进入泥泵。泥泵把泥浆沿压力管路抽送到填土地点。在填筑地点填土的形成过程与上述水上开挖时的填土形成过程一样。

自然界中看到的最简单的水力机械作用，是当有强烈水流在裸露的土壤表面流过时所产生的侵蚀作用。这时冲去了土壤的表层，降低了土壤的肥沃程度，形成谷地，并往往使被冲刷的土壤颗粒沉淀到离冲刷地点很远的低处（流速较小的地方）。

借水的作用来挖土，并利用水流的输送能力来运送土

壤，这早在羅馬王朝时代从沙中淘金时就用过了；然而它帶着极其原始的风格，只是从水力机械化历史的观点来看，現在才对它感到兴趣。

52 苏联在水力机械化方面的成就

1840年在俄国首先采用水力机械化，用水枪来淘洗沙金。13年后，在美国为了同样的目的也采用了水枪。那时，水枪只不过是一个金屬筒，而压力水是用皮管引来的。1880年在俄国制造了構造上較為完善的水枪，当时曾被广泛地采用在采金工业中。

在修筑第一条铁路前，俄国的大宗貨物主要是靠水路来运输。这种情况就要求通航河道維持必要的深度，要求挖深河底并和泥沙的淤积作斗争。为此目的，早在1804年俄国就采用了布赫捷也夫（Бухтеев）的冲灘机，以后又采用了貝可夫（Быков）的铁耙。1847年采用了克罗賀金（Крохоткин）的清淤机，1872~1892年采用了揚可夫斯基（Янковский）的移动板式装置。

上述机器都是用在人工挖深河底上；其作业的依据是用束窄河床橫断面的方法来增大流速冲刷河底（布赫捷也夫的冲灘机和揚可夫斯基的移动板），或是翻松（攪混）河底的土壤，然后借水流順河把它向下游移送。

在1874~1883年，彼得堡“水利工程师”会社采用了較為完善的挖深河底的设备——裝有离心式泵的浮式泥泵装置，以吸取法来进行水下挖土。这种机器在作了某些改进以后，于十九世紀末叶在俄国得到了广泛地采用。它不仅用在通航河道中，而且也用在海港中，来进行疏浚作业。

俄国的工程师和学者最先研究和發展了水力机械化的理

論：工程師梅里尼可夫（П.П.Мельников）在其著作“實用水力學基礎或不同情況下的水流運動及其沖擊和摩擦作用”（1836年）中，吉美（И.А.Тиме）在其著作“水力沖射機（水槍）是水力方法開采金礦的主要工具”（1885年）中，以及在謝斯塔克（М.А.Шестак）和工程師列烏托夫斯基（В.Реутовский）的著作中，都對水力機械化有所論述。

俄國工程師克拉松（Классон）首創水力開采泥炭是1916年的重要事件，在1920年第八次全俄蘇維埃代表大會上曾得到列寧很高的評價。

蘇聯在發展水力機械化方面有很大功績的是霍林（Н.Д.Холин）教授，他在里海的切列金（Челекен）島上開采石臘，是蘇聯第一個採用水槍和吸泥泵聯合作業的。當在修建莫斯科運河工程（其中包括蘇聯修建的第一個沖填壩——伏爾加河上的伊凡諾夫壩）時，就廣泛地採用了水力機械化。

1922~1926年，在新俄羅斯（Новороссийский）商港修建運煤的碼頭時，在蘇聯的建築工程中就已經開始採用了水力機械化。在那里曾把吸泥泵用在許多工段上；其中包括港灣及碼頭附近的疏浚作業及用吸泥泵把挖出的土堆填到大體積混凝土筑成的碼頭墩壁之間等。在新俄羅斯港只用一只挖泥船就挖填了約60萬公方的土，采掘了約20萬公方的沙和礫石。1927~1929年，在巴基斯克（Потийский）港用另一支吸泥船進行了同樣的工作，在該港區的許多工段上進行着疏浚作業；同時用吸泥船挖出的土料來淤填和平整港口。

1930~1932年，在德涅泊工程中採用水力機械化來清除采石場上的表土和修建港口與碼頭。同時在聶伏杜布（Невдуб）工程中也同樣地採用過。1933~1935年曾在亞速

鋼廠工程中採用水力機械化來填平場地。1935~1937年在莫斯科運河工程中，水力機械化得到了大量採用。在那里水力機械化得到了“公認權”並很快地發展起來。也就是在那里培養了第一批技術熟練的本國的水力機械化幹部，誕生了本國製造的水力機械化設備。在莫斯科運河曾用水力機械化方法進行了各種作業：採掘沙和礫石、挖掘渠道、修建蘇聯的第一座沖填壩、從鐵路平臺車上卸下沙和礫石及其他。在莫斯科運河工程中，用水力機械化方法共挖出了約1,300萬公方的土料。此後，在戰前的年代里，伏爾加河上的烏格里奇(Углический)和謝爾巴科夫(Шербаковский)水利樞紐工程都曾廣泛地採用過水力機械化。在偉大的衛國戰爭以後，水力機械化的規模非常巨大。尤其是在水利工程方面，如在修建列寧運河工程(伏爾加-頓河工程)、明格柴烏爾、古比雪夫、高爾基、斯大林格勒、卡霍夫、新西伯利亞及其他蘇聯的大水电站和水力樞紐時，都採用了水力機械化方法來進行大量的土方作業。在修建高質量填方(壩、堤)以及水下挖土、灌溉渠道清淤、水力樞紐填平場地時，都特別廣泛地採用了水力機械化。同時，水力機械化還廣泛地被採用來挖掘泥炭(流質泥炭土)、挖除煤層的表土、採煤、建築橋梁時下放沉箱、平整作業施工對象和城市及飛機場的場地、挖掘鐵路挖方和修筑填方、以及在選礦廠里用來選礦。

1931年修建的德涅泊工程是世界上第一個冬季採用水力機械化的；在古比雪夫水利樞紐工程中，大規模的水力機械化作業連續地進行了好幾個冬季。

蘇聯從事水力機械化方面的工程師們研究並掌握了一系列新的施工方法，這些方法能夠得到很好的生產經濟效果。如：

1. 无棧桥冲填高質量填方——壩和堤（电站部水力机械化公司的全体工作人員）；

2. 用專門的低压設備以水力方法預先冲塌掌子〔卡爾采夫(В.И. Карцев)工程師的方法〕；

3. 用增濃器提高泥漿濃度；

4. 从掌子到吸泥泵的集泥井，泥漿的調節式運輸；

5. 創造大功率的新式構造的吸泥泵。其泥漿生產率為3,000、5,000，和10,000 $\text{m}^3/\text{小时}$ ；產生的相應的壓力水頭各為40、60和80公尺。并創造新式構造的水槍——遠射水槍、近射水槍和自行式水槍；

6. 冬季冲填；

7. 規定土壤運送時的合理流速〔工程師羅也爾(Г. Н. Роер)，尤芬(А. П. Юфин)，克諾羅茲(Г. Н. Кнороз)〕；

8. 施工期間採用排水設備，以便把水自冲填的高質量填方中加速排出〔羅也爾(Г. Н. Роер)，叶菲莫夫(С. Г. Ефимов)〕；

9. 用某些粘性土壤冲填土壩的方法〔叶菲莫夫(С. Г. Ефимов)〕；

10. 不用瀘水堆石攔斷河床〔米赫也夫(П. В. Михеев)，霍林(Н. Д. Холин)，梅拉姆特(Д. Л. Меламут)〕。

所有这些都証實了：在發展水力機械化和在工程實際中採用水力機械化方面，蘇聯專家獲得了巨大的成就；所以蘇聯在採用水力機械化的規模方面，現在居世界的首位決不是偶然的。

§3 水力機械化方法的優缺點

在工程建設和蘇聯的其他國民經濟部門中，廣泛地採用

了水力機械化，同時也証明了這種方法有下列許多優點：

1. 和一般的挖土機械、挖土運土機械及運輸機械比較起來，水力機械化的設備比較簡單。水力機械化中的主要設備是：離心式水泵，吸泥泵（改變了構造的離心式泵），水槍和水力升送機；這類設備的構造簡單，金屬消耗量少。當土壤以壓力水運送時，由於用金屬管作輸泥管，而使金屬消耗量大大增加；然而近來用蘇聯出品的焊接薄壁管來作輸泥管和輸水管，就大大降低了水力機械化使用管路的金屬需要量。此外，製造單位重量的管子的成本約比製造同樣重量的挖土和運輸機械（挖土機、鏟運機、汽車）的部件要便宜 5 ~ 6 倍。

2. 施工過程的各個環節（沖土、運土、填土和在水力作用下自動壓實），可以最大程度地綜合機械化和自動化。

3. 吸泥船能以高生產率挖水下土壤。而這是用其他機械在水下開挖時所不能達到的。例如：用索式挖土機、合瓣式挖土機、反向鏟在水下開挖時其生產率會大大降低；而採用其他的挖土機械——正向鏟、鏟運機等等，就得要把開挖的挖方維持在排干的狀況；也就是說附帶地要進行抽水或人工降低水位，這就使得作業大大地複雜化，並加貴了費用。

4. 沒有筑路的必要。因為運土是沿着管子或槽子來進行的。這不僅免去了因修筑用汽車、鏟運機及沿鐵路運土時所必需的道路費用（該費用往往是很大的），而且在很大程度上簡化了一切運輸工序的組織。

5. 當有水 and 適宜的土壤時，水力機械化方法是經濟的。當挖掘的土質條件相同時，用水力機械化方法開挖 1 公方土的成本要比用挖土機開挖便宜 2 ~ 3 倍。

6. 虽然已有极强大的设备，如 $\Theta-1000-80$ 型吸泥船，当浓度为 $1:10$ 时，其土壤生产率 $1,000 \text{ m}^3/\text{小时}$ ，但水力机械设备的生产率还有向前大大增长的可能。这种可能的根据如下： $\Theta-1000-80$ 型吸泥船上的吸泥泵能抽出 $2.8 \text{ m}^3/\text{秒}$ ，它和固定式抽水站上的离心式泵在构造上区别很少，而后者却有很大的生产率。

水力机械化具有一系列超过其他干挖土方施工方法的优点，但同时在使用上也受到许多自然条件的限制；其中包括：土壤条件，水源与水力机械化作业施工对象的相对位置。用水流束（水枪）或吸取法（泥泵）挖土的效率是随土壤的粘性程度而定的；土壤粘性愈小，冲刷愈有效；反之亦然。因此常常用水力机械化方法来开挖非粘性土——沙、沙礫石、礫石，或用来开挖少粘性土——沙壤土、黄土、輕壤粘土；而重壤粘土和粘土无论水上或水下开挖，都由于不易冲刷而需要大量的单位耗水量和耗能量，这样作为独立挖土联动机的水枪和泥泵装置的作业费用就加贵了，常因得不到令人满意的经济指标而不被采用。用水枪开挖时，如先用推土机或卡尔采夫(Карцев)方法（水力法）进行预先松土，往往是合理的；这虽加贵了作业费用，然而在多数情况下，这种综合机械化能够得到完全令人满意的经济效果。第二个因素——水源和水力机械化作业对象在平面上与高度上的相对位置——对挖土和运土成本的影响也是非常重要的；水源愈远，提升水的高度愈大，水力机械化作业的成本也就愈贵；反之亦然。

与用挖土机械、挖土运土机械和运输机械（例如：挖土机和自卸汽车组合，鏟运机等）所进行的一般开挖和运输土壤的方法比较起来，水力机械化方法不利于指标的是它所需

要的能量較大。根据著者的計算和实际資料，当工作条件相同时，綜合水力机械設備所需的能量，比挖土机及自卸汽車和鋪运机所需的能量要大 15~30%。这是因为在用水力机械化。挖土和运土方面，大量的水作了非生产性的运送。但是在任何情况下，当其他的技术指标尤其是經濟指标說明了水力机械化是有利的时候，就絕不能用水力机械化不利的能量指标来作为拒絕使用它的理由。在开挖非粘性土壤或少粘性土壤时，水力机械化作业对象附近有足够数量的水，而水自水源处提升的高度又不大，这种情况是常常会遇得到的。

§4 水力机械化在水建和水改工程中的应用

在水改和水建工程中，当有上述有利条件时，可采用水力机械化来完成下列作业：

1. 自基坑和渠道中挖土，并把它运送到高質量填方、非高質量填方或弃土堆中去。
2. 在水上和水下采料場中挖土，并把它运送和填入到壩、堤以及其他用途的填方中去。
3. 在高地采料場和 underwater 采料場中挖掘沙和礫石，并运送到选料裝置或堆存地点。
4. 不用瀘水堆石冲填河床。
5. 渠道、沉沙池、池塘和水庫的清淤。
6. 淤填和平整水利樞紐的場地。

由于可以用水力机械化方法来完成許多不同种类的土方作业，所以在現代化的大型水利工程中，水力机械化作业的比重达到 70%。苏联新的建筑工程中，这个比重設計达到 70~80%。

§5 土壤的基本特性

土壤的物理机械特性——顆粒組成(机械組成)、滯性、密度(或單位体积重量)、水力粗度、比重、可冲刷性、內摩擦角——对挖土、运土、填土、土壤結構在冲填填方中的形成及其在冲填过程中的稳定性都有很重要的影响。因此，水力机械化对組織地質勘测工作和获取上述的土壤特性提出了特殊的要求。

顆粒組成是土壤最重要的特性：在土壤中含有按粒徑組分类的各种固体顆粒。为了水力机械化的目的，而采用下列粒徑組的划分：小于0.005；0.005~0.01；0.01~0.05；0.05~0.25；0.25~0.5；0.5~1.0；1~2；2~10；10~50；50~200和大于200 mm。顆粒組成資料用表1的形式或图1（对于表1中的顆粒組成）半对数曲綫的形式来表示。

表 1

粒徑組大小 mm	小 于 0.005	0.005~ 0.01	0.01~ 0.05	0.05~ 0.25	0.25~ 0.5	0.5~ 1.0	1~2	2~3
百 分 比	5	6	25	29	8	10	11	6

为了繪制这个曲綫，要沿縱坐标方向标出小于該直徑顆粒的总百分比，而沿橫坐标方向标出各种粒徑組顆粒直徑的对数。

在用水力机械化方法来解决土壤的水力运送問題和其他的施工問題时，除了顆粒組成外，还必須有平均顆粒直徑和顆粒組成不均匀性的資料。某种土壤顆粒組成的平均粒徑可按下式求出：

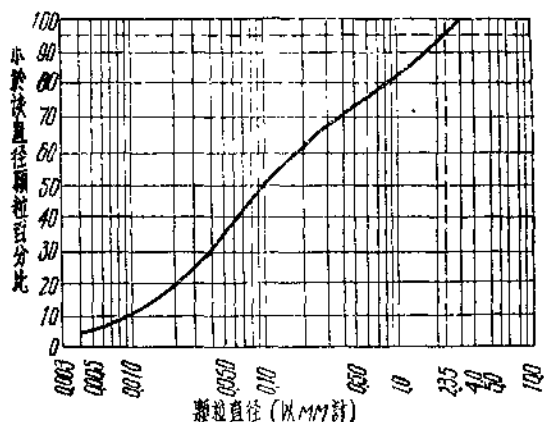


图1 颗粒组成图表

$$d_{cp} = \frac{\sum d_{\phi} n}{100}, \quad (1)$$

式中 d_{ϕ} ——某个粒径组的平均直径，以 mm 计；

n ——粒径组含量的百分比。

对于表 1 中所列举的（即图 1 中用曲线表示的）颗粒组成，其平均粒径为：

$$\begin{aligned} d_{cp} = \frac{1}{100} & \left(\frac{0.005}{2} \times 5 + \frac{0.005+0.01}{2} \times 6 + \right. \\ & + \frac{0.01+0.05}{2} \times 25 + \frac{0.05+0.25}{2} \times 29 + \frac{0.25+0.5}{2} \times 8 + \\ & \left. + \frac{0.5+1}{2} \times 10 + \frac{1+2}{2} \times 11 + \frac{2+3}{2} \times 6 \right) = 0.472 \text{ mm}. \end{aligned}$$

土壤的不均匀性用不均匀系数来表示：

$$\varepsilon = \frac{d_{cp}}{d_{95\%}}, \quad (2)$$

式中 $d_{95\%}$ 为小于该直径的颗粒组占土壤组成 95% 的粒