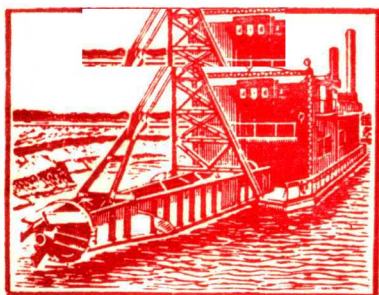


水力發電站建設叢書之八

水力發電站建築中的 水力機械化

苏联技術科学碩士 Б. А. 沃洛寧著

林 昭譯



電力工業出版社

內 容 提 要

这本小册子的内容是介紹關於在水力發電站建築上進行土方工程水力机械施工的簡單知識，並敘述了一些基本的施工方法和施工時所採用的設備。

这本小册子可供建築水力發電站的土方工程施工的工人之用。

Б. А. ВОЛНИН

ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГЭС

根据苏联國立動力出版社 1952 年莫斯科增訂第二版譯

水力發電站建築中的水力机械化

林 昭譯

*

317841

電力工業出版社出版(北京府右街 26 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 082 号

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

編輯：孟慶沫 校對：凌華康

787×1092¹/₃₂ 開本 * 2¹/₁₆ 印張 * 48 千字 * 印 1—3,600 冊

1956 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

統一書号：15036·288 定價(第10類) 0.40 元

原出版者的話

1950年8月9日和12月，蘇聯部長會議通過了建築斯大林時代的巨大水力工程建築物的決議，該決議的內容包括：在伏爾加河的古比雪夫和斯大林格勒水力發電站，第聶伯河的卡霍夫斯克水力發電站；伏爾加河左岸、裏海附近地帶、南烏克蘭和北克里木等地區的灌溉，包括攔水壩、灌溉渠道和土爾克明尼亞蘇維埃社會主義共和國的水力發電站等在內的規模宏大的水力工程建築物；開鑿伏爾加-頓河運河，以及灌溉羅斯托夫斯基省和斯大林格勒省的農田等，

共產主義偉大工程的開展，是我國改造自然的斯大林計劃的主要組成部分之一。這表現着運用了為人民服務的科學與技術一切成就的社會主義制度的創造力量。

首創的偉大建築工程——列寧伏爾加-頓河運河及包括齊姆良水力發電站在內的許多水力工程建築物已建成，並已開始運用。

除上述水力發電站及水力工程建築物以外，在我國各河流上正建築着數十個大、中型水力發電站及數千個小型水力發電站。

在絕大程度上勝利地修建這一切建築物，有賴於水力發電站的建築工人幹部，有賴於對他們的培養程度，正確理解黨和政府交付給他們的重大責任。

水力發電站建設叢書的內容，包括建築水力發電站施工方面的必要知識，和有關水能、水力發電站及其各種建築物的基本知識。

國立動力出版社希望本書讀者，特別是工人讀者們，將所發現的缺點及對本書的願望，函告列寧格勒，涅輔斯基大街門牌28號本出版社（Ленинград, Невский пр., д. 28.）。

目 錄

原出版者的話

序 言 4

第一章 水力發電站建築中的水力機械化及其应用的

条件 5

1. 水力機械化是一种土方工程的施工方法 5

2. 水力發電站建築中的水力機械化施工 8

第二章 水力機械化的原理 10

3. 土壤及其性質 10

4. 關於泥漿濃度的概念 15

5. 關於水和泥漿的流量、流速和坡度的概念 15

第三章 水力機械化的設備 17

6. 水力冲射机 17

7. 水力揚水机 18

8. 水泵和水泵站 20

9. 泥泵和泥泵站 23

10. 輸送管 31

第四章 土料的開挖 37

11. 用水力冲射机在岸上開挖土料 37

12. 用吸泥机在水下開挖土料 47

13. 採用水力機械化開挖土壤的其他方法 51

第五章 土料的輸送 53

14. 無压式水力輸送 53

15. 当用乾燥法進行施工時利用水力輸送的方法	54
16. 加壓式水力輸送	56
17. 泥漿濃度的增加法	57
第六章 土料的冲填	59
18. 应用的範圍	59
19. 圍堤土料冲填法	59
20. 堤身或壩身土料冲填法	61
21. 場地的冲填	76
第七章 安全技術	77
譯後記	80

序 言

土方工程的水力機械化施工是一種比較新式的施工方法，這種施工方法在最近幾年來獲得異常廣泛的採用。還在不久以前，水力機械化的應用主要還是限制在沖掏土料，可是在目前，應用這種方法的可能性已經是更加廣泛了。

在幾個斯大林五年計劃期間，許多大規模的建築上（其中也包括若干水力發電站工程），已經廣泛地並且有成效地採用水力機械化施工；同時已用水力機械化完成各種的挖方和填方，完成的土方工作量是十分巨大的。

就作為土方工程的一種施工方法來說，水力機械化的特點在於它具有很高的效率。它只需要耗費較少的勞動力，而且用十分少的施工費用就可以完成這些土方工程。我們的工業能夠保證製造為土方工程水力機械化施工所需要的頭等設備。

在目前的水利工程上（其中包括許多偉大的共產主義建設，例如：古比雪夫，斯大林格勒，卡霍夫和其他的水力發電站；土庫曼大運河，以及南烏克蘭，北克里木和伏爾加-頓河運河等），應當完成十分巨大的土方工作量，為了完成這些工作量需要具備最完善的施工方法。

水力機械化就是這種有效的施工方法，採用這種方法就有可能在政府所規定的短時間內完成巨大的土方工作量。

本書以通俗和簡短的方式，敘述在水力發電站建築上用水力機械化進行各種土方工程的可能性和條件，介紹水力機械化的施工方法，並且給出一些關於使用設備和管理設備方面的基本資料。

第一章 水力發電站建築中的水力 機械化及其应用的條件

1. 水力機械化是一種土方工程的施工方法

水力機械化是土方工程的一種施工方法，它用水來開挖、輸送和堆積土料。水把土破壞，並把組成土壤的堅固顆粒粉碎。這些顆粒和水混在一起，形成流動的並便於輸送的混合物，這種混合物就叫做漿體或泥漿。當土料顆粒由混合物裏降落下來時，土料就沉澱了。把土料顆粒從混合物裏降落下來過程加以控制，這樣便可以把土料沉積成所需要的形狀，因而就構成土工建築物。用類似這種辦法所修建成的建築物就叫做沖填建築物。

為了要按照水力機械化的方法來開挖、輸送和沉積土料，便要採用特殊的設備和機械。

用水力機械化來開挖土料是有各種不同的方法，這是取決於被開挖的土料究竟是在岸上或在水下。

採用一種噴水工具——水力沖射機(Гидромонитор)來開挖岸上的土料。在強大的壓力作用下，從水力沖射機的孔眼裏噴出一股水束，土料便被這股水束沖碎。水是從水泵站抽上來，沿着水管送到水力沖射機上去。在圖1上給出利用水力沖射機開挖土料的示意圖。

利用吸泥機①(Землесосная снаряда)來開挖水下土料。

①吸泥機即吸揚式挖泥船，也可以用來疏浚港口。——譯者

吸泥机上裝有挖鬆水下土料用的設備。被挖鬆的土料和水一起被泥泵吸上來，並且被送到沉積的地點。

可以採用強制式和自流式兩種辦法來輸送泥漿。

泥漿的自流式或無壓式輸送是在重力作用下沿着土坡進行的。因此只有當開挖土料的地點是高於沉積土料的地點，而且離開沉積土料的地點比較不遠時才有可能進行自流式輸送。沿着管子利用泥泵或水力揚水機(Гидроэлеватор)來進行強制式或加壓式輸送泥漿。

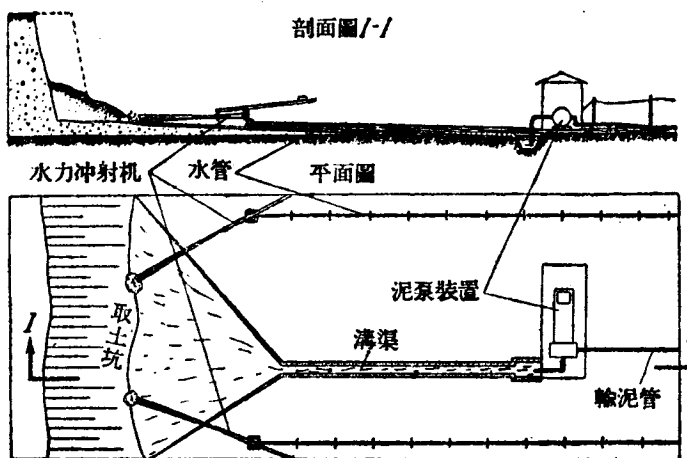


圖 1 用水力冲射機開挖土料的示意圖

用槽子和管子來沉積土料，利用它們把泥漿分配到預先作為沉積用的場地上去。

採用水力機械化的條件 水力機械化能保證連續不斷地施工，並使得施工過程幾乎全部自動化。由於水力機械化是連續不斷的，因此能把土方工程的施工過程組織成循環工

業。同時在目前这一个地段的綜合性施工当中所包括的各项作業(这些作業是在一定時間內即在一个循環時間內在一个冲填地段上進行的)，都要在其它冲填地段上以同样的工作量和次序重複進行，直到全部工作結束为止。同時進行工作的距离叫做工作面。

水力机械化，無論是在準備工作方面或在主要工作方面都有可能採用这种施工組織，特别是当採用水力冲射机和泥泵來開挖土料，並且按地段分層冲積建築物時，更有可能採用这种施工組織。

为水力机械化本身服务的機構，並不需要大量的熟練工人，它的設備比乾燥法^①施工簡單，而且就重量來說也要輕便得多。

目前在重要的水利工程上已採用具有複雜裝備的巨型吸泥机，操縱巨型吸泥机和操縱現代巨型挖土机一样，需要專家和熟練工人，但是如果对这二种設備進行比較，並且考慮到輸送和沉積土料的條件，那麼就可以看到：水力机械化施工所需要的熟練工人和專家的數量要比乾燥法施工少得多。水力机械化施工所需要的設備的重量同样也要較輕些。

当能够完全利用設備的最大生產率時，在開挖、輸送和沉積土料方面的經濟用水乃是決定水力机械化效益的基本條件。为了要採用水力机械化施工，必須要有水源，水源應該在施工地點的附近，而且必須能保證供給为施工所需要的水量，此外還必須具有足够的電力。

水力机械化所用的機器(即水泵和泥泵)，都是由電動機

①乾燥法即用挖土机或用人工進行土方工程施工。——譯者

來帶動。電費佔水力機械施工的全部費用當中的主要部分。

在有了足夠的水量和具備保證施工需要的電量之後，土料的性質便成為決定有否可能利用水力機械化施工的基本條件。相當堅固的土料就不可能沖挖，而粘性相當大的土料是不適合用來沖填建築物的。對於相當堅固的粘土以及被膠結起來的砂土來說；為了挖掘它，甚至需要這樣大的壓力來進行沖挖，而且需要這樣多的水量來輸送它，以致於使得水力機械化變成不經濟了，而在這時候用乾燥法挖掘土料則反而比較經濟。

2. 水力發電站建築中的水力機械化施工

水力發電站是複雜建築物的綜合體。在水力發電站建築物中，除了混凝土工程以外，土工建築物要佔首要的地位。同時土方工程的體積通常是要遠超過混凝土工程的體積。

在目前的偉大工程裏例如在古比雪夫和斯大林格勒水力發電站，其土方工程的體積是以數十萬甚至以數百萬立方公尺來計算的。十分明顯，要完成這樣巨大的挖方和填方工程必定需要高度的機械化施工，只有機械化施工才有可能在短期內以低廉的費用完成這些工作量。水力機械化就是土方工程的一種機械化施工。

在具備有合適的天然條件的情況下，在水力發電站建築上採用水力機械化施工是特別有利的。因為水是豐富的，並且在施工地點很近，而且通常能供應足夠的電能。

有一種水力發電站把機器廠房修建在靠近壩址的地方（或者換句話說叫做壩後式水力發電站），這種水力發電站的

特點就是巨大的挖方和填方都集中在一个地方。由於上述的条件就可以縮短工作面，因此，可以大規模地和最有效地進行水力機械化施工。

在水力發電站建築上的許多種挖方和填方(即所進行的低於地面或高於地面的土方工程)都可以用水力機械化的方法來完成。例如：開挖基坑、開挖渠道和取土坑，以及一些重要的填方工程(堤和壩)都是屬於具有代表性的土方工程。

在其他許多情況也可以用水力機械化方法來進行土方工程，例如：沖填在基坑边坡和基礎建築物之間的空隙，以及沖填場地等等。

通常在水力機械化施工中的勞動力組織，是採取綜合性工作隊的方式，這樣便使得工作隊的每一個成員都關心到如何保證所有工作隊都達到最高的生產量，因而便能完成並超額完成計劃。這樣便促使工作隊的成員廣泛採用斯達漢諾夫工作法。

作為土方工程的一種施工方法來說，水力機械化所具備的靈活性是能夠適合於水力發電站工程上的各種各樣的土方工程。採用水力機械化方法所達到的高度生產率，可以縮短水力發電站投入生產的期限。

在冬天，要防止土壤和泥漿結冰，是很困難的，因此，使得水力機械化的應用受到了限制。這些情況可能使得施工中斷。如果是挖取水面以下很深地方的土料，而且是進行水下沖填，那末甚至在冬天也可以最有效地進行水力機械化施工。為此，在吸泥機施工的地點，應該造成不結冰的水面(冰孔)。在其他的情況下，在冬天採用水力機械化施工要涉

及到一系列特殊的措施，例如：把輸泥管加熱，在沖填時要造成很深的沉澱池等。所有這些措施都會降低水力機械化的生產率並增加施工費用。

第二章 水力機械化的原理

3. 土壤及其性質

土壤的性質是確定水力機械化的效率，以及確定有否可能採用水力機械化進行施工的一種決定性條件。所以必須要知道在天然土層中的土壤性質，以及在輸送和沉積情況下的土壤性質。這些性質是根據對土壤所進行的實驗研究來加以確定。

所有用來修建建築物的土壤和建築物基礎的土層都叫做用在工程上的土料。各種土壤的顆粒可能是由不同的礦物質所組成。土壤顆粒的形狀和大小是各不相同的。

土壤顆粒的大小是由它的直徑來決定，直徑是以公厘表示的。用拉丁字母 d 來代表直徑，而公厘就以縮寫字 mm 來代表。顆粒的形狀可以分為圓形和銳形。

土壤的機械成分 土壤裏所含的各種尺寸的土粒係以佔土壤總重的百分比來表示。根據它來確定土壤的機械成分。

當進行分析時，為了要定出土壤的機械成分，就把土壤的粒徑分成不同的粒徑級^①，粒徑級應該把所有在已被確定出

^①粒徑級就是把土壤粒徑分成若干等級，每一個等級都給一個名稱，例如粒徑在 0.25—0.50 公厘的土壤就叫做細砂（見表 1）。——譯者

來的最大和最小直徑之間的粒徑都包括在內。根据粒徑級所包含的粒徑，可以分为：粘土，粉土，砂，礫石，粗礫石，漂石等。在表 1 裡給出在电站部系統裏所採用的按照机械成分來分的土壤種類。

根据土壤的机械成分來確定粒徑級的粗細度和它的不均匀度，亦即確定被開挖的土壤的種類。

土壤被分为均匀土壤和 不均匀土壤。如果在机械成分裏，粒徑相近的顆粒的百分比佔优势，就叫做均匀土料，反之，就叫做不均匀土料。

表 1

粒徑級的名称	粗細度	粒徑(公厘)
粘土		小於 0.005
粉土	細的	0.005—0.01
	粗的	0.01—0.05
砂	很細的	0.05—0.25
	細的	0.25—0.50
	中等的	0.50—1.0
	粗的	1—2
礫石	細的	2—4
	中等的	4—10
	粗的	10—20
粗礫石		20—60
漂石		大於 60

为了進行水力机械化施工，了解土壤顆粒的强度也是很重要的，可以根据土粒是屬於那一种礦物和它的形狀如何來定出它的强度。当進行水力輸送時，特別是進行長距离輸送時，强度不够的土粒可能会被弄碎。而当用冲填方法修建重

要的建築物時，往往不希望發生上述的情況。用水力輸送銳形土粒時，會使得機械設備和管子發生較大的磨損。

緊密度含水量滲透性 任何土壤都不僅由一種或數種粒徑不同的礦物質所組成（礦物質顆粒構成土料的骨幹部分），而且還包含有在這些顆粒之間所形成的空隙。空隙被稱為孔隙；孔隙裏含有水或含有空氣，或者又含水又含空氣。

孔隙的體積對土壤所佔有的總體積（該總體積包括孔隙的體積在內）之比（以百分比表示）就稱為土壤的孔隙度（Порозность）。例如：如果土壤的體積等於2000立方公分（ cm^3 ），而在該土壤體積中，孔隙的體積佔500立方公分（ cm^3 ），那末孔隙度將等於：
$$\frac{500}{2000} \times 100 = 25\%。$$

土壤的孔隙是各有不同的，而孔隙度愈小，土壤便愈緊密。因此根據緊密度可以判斷土壤緊密的程度。

當採用水力的方法來開挖和沖積土壤時，**土壤的緊密度**（由它的空隙度和含水量來決定）是具有重大的意義。緊密的土料不好沖挖。為了要沖挖緊密的土料，所耗費的水量要比沖挖緊密度較小的土料多。

土壤的含水量就是孔隙裏的水重同組成該土壤的土粒重量之比（以百分比表示）。例如：如果在孔隙裏的水重等於240克，而骨料重等於2000克，那麼，土壤的含水量將等於：
$$\frac{240}{2000} \times 100 = 12\%。$$
像這種的土壤含水量是叫做以重量計的含水量。

在含水量很高的天然土壤裏，所有的孔隙都被水充滿，這樣就容易沖挖，而且降低沖挖所需要的水量。由於這樣，有

一种冲挖土壤的方法是預先把土壤用水泡濕。

当冲挖土壤時，它的滲透性如何，这是一个十分重要的情况。土壤透水的能力(或者換句話說 也就是土壤滲水的能力)叫做滲透性。土壤的空隙度愈大，組成土壤的顆粒愈粗，那麼它的透水性也愈大。滲透性很小的細粒土壤不容易排水，因此往往不適合於冲填。

安息角 当開挖和沉積土壤時就形成斜坡。造成斜坡的原因是由於土壤顆粒之間有摩擦力和粘着力。對於不同的土壤來說，它們的粘着力和摩擦力的數值亦是不同的，因此他們的斜坡亦具有不同的水平傾角。能維持土壤不至於滑動的最大水平傾角被叫做安息角。安息角是隨着土壤的性質和它的含水量而變化。在表2裏給出隨着含水量而變的各種土壤的安息角(以度數計)。

表 2

土壤狀態	砂			礫石	粘壤土	粘土	含植物質的土壤	泥煤
	細砂	中砂	粗砂					
	安 息 角 (度)							
乾的	25	28	30	40	50	45	40	40
潮濕的	30	32	35	40	50	35	35	25
浸濕的	20	25	27	35	40	15	25	14

比重和容重 土壤的比重是表明土粒比同體積的水重多少倍。

土壤的容重就是在一立方公尺體積裏的水重和土重的總和。

粘性和非粘性土壤 在建築上把土壤分为兩種主要的種類：砂性土壤和粘性土壤，或者換句話說分为非粘性土壤和粘性土壤。

粘性土壤的特徵就是顆粒之間有粘着力，壓縮性較大而透水性較小；非粘性土壤則相反，它幾乎完全沒有粘着力，壓縮性較小，而透水性則較大。

無論是粘性或非粘性土壤 都可以利用 水力機械化 來開掘、輸送和沉積。冲挖粘土要比冲挖砂土耗費較多的水量，而對於水力輸送來說則恰相反，粘土所耗費的水量却較少。

表 3

按照一般分類 的土壤種類	土壤編號（按 照用在水力機 械化施工的土 壤分類）	土 壤 的 名 稱	平均單位容重 公斤/立方公尺
I	1	細砂	1500
	2	中砂	1550
	3	粗砂	1600
	4	砂壤土	1600
	5	輕粘壤土	1600
II	6	重粘壤土	1750
	7	鬆黃土	1600
	8	密黃土	1800
III	9	貧瘠性粘土	1700
	10	中重粘土	1750
IV	11	重粘土	1800
V	12	特重粘土	1800
	13	礫石	1700

正如以前所談過的冲填粘土不如冲填砂土有利，因為粘土排水不好，故可能長期處於液性狀態。

在表 3 裏給出用在水力機械化施工方面的土壤分類。

4. 關於泥漿濃度的概念

泥漿含有土料的程度就叫做泥漿的濃度或稠度。泥漿的濃度可以根據體積或重量來確定。

在泥漿裏，土的單位體積和與之相應的水的體積之比就是它的體積濃度。同時就採取 1 立方公尺作為土料體積的單位。例如：如果用水力輸送 1 立方公尺的土需要 9 立方公尺的水，那麼，它的體積濃度將等於 1:9。該濃度亦可用百分比來表示，那末我們就得到：

$$\frac{T}{T+B} \times 100 = \frac{1}{1+9} \times 100 = 10\%;$$

式中 T ——泥漿中土料部分的數量；

B ——泥漿中水的重量；

在泥漿中土料的重量和水的重量之比就叫做泥漿的重量濃度，它也以百分比表示之。

5. 關於水和泥漿的流量、流速和坡度的概念

坡度 把兩點之間的高差除以該兩點之間的距離，便得出坡度。坡度可以用分數單位來表示，亦可用百分比來表示。

只有在具備坡度或水頭（壓力）的條件下，水或泥漿才可能流動。在頭一種情況裏叫做無壓流動，而在第二種情況裏叫做加壓流動。

在無壓流動的情況裏，水或泥漿是在重力作用下發生流動。是沿着當地的天然坡度流動，或者沿着人造坡度流動，