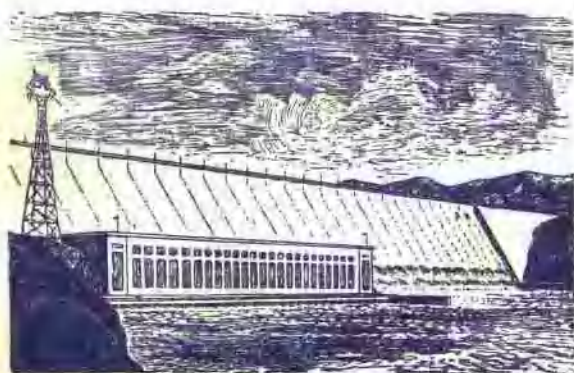


水力發電建設常識

第五分冊 施 工

王之旂 鈕因楚 周匡心 編著



水利電力出版社

水力發電建設常識

第五分冊 施工

王之炳 鍾因楚 周臣心編著

*

713 8 99

水利電力出版社出版(北京西黃城根北口)

北京市印刷出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠印刷 新华書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 2 $\frac{1}{2}$ 印張 * 56千字

1957年11月北京第1版

1958年9月北京第3次印刷(11,521—25,540冊)

統一書號: T15143·66 定價(第9類)0.32元

緒 言

我国偉大的社会主义工業化建設，在第一个五年計劃中，已經取得了輝煌的成績。其中水电建設，也已有古田、官厅、獅子灘等水电站相繼建成發電，并且复建了丰满水电站，給电力工業的發展，打下了基础。目前还有更多更大的水电站正在施工和設計。可見我們的水电建設，正在蓬勃的發展，我們的建設隊伍，也在日益壯大。但是水电站施工，由于工程規模巨大，質量要求高，又受到季节性的限制，并且还往往建造在荒山偏僻的地区，因此就帶來了特有的复杂和困难。过去虽然在几个水电站施工中，已經取得了不少經驗，可是現在和將來，要建的水电站是更多更大了，并且應該是要造得更好更快更經濟，那就要求我們水电从業人員，必須在各方面提高一步，当然施工技术也不能例外，尤其直接从事施工的工人同志們，也須全面的認識一般水电站施工常識了，因就水电站施工的一般問題，扼要編成这一小册子，希望有助于讀者了解水电站施工的一般概念而利于我們今后的工作。

水电站施工，是一門極其复杂牽涉广泛的科学，對我們講来，还是一項新事物，并不很熟悉的，对編者來說，还是學識經驗都感非常缺乏，謬誤之处，在所难免，还希讀者不吝指教，俾使糾正。

編 者 1957年

目 录

緒言

第一章 水电站施工的特点和組織

1. 水电站施工的特点 3
2. 施工組織 8

第二章 导流工程

1. 导流的一般方式 21
2. 擋水建筑物 24

第三章 土石方工程

1. 土石方工程的重要性及其分类 27
2. 土石材料的性能 28
3. 土石方的計算及平衡 31
4. 土石方工程的施工方法 33

第四章 混凝土工程

1. 关于混凝土的一般概念 40
2. 骨料的采集与加工 46
3. 混凝土的制造及运输 53
4. 混凝土澆筑与养护 60

第五章 輔助企業

1. 工地供电 65
2. 工地給水 72
3. 压縮空气系統 80
4. 机械修配厂 85

第一章 水电站施工的特点和組織

1. 水电站施工的特点

一、水电站施工的特点，首先是規模巨大、質量要求高以及随之而来的技术上的复杂性。土石方数量常常是数十万公方到几百万公方甚至上亿公方；在大型水电站施工中混凝土要达到几百万公方；使用的鋼鉄材料，也是数以万吨計的。苏联即将建造完成的世界最大水电站——古比雪夫水电站具有下列的巨大工程量：土石方一亿五千六百万公方，混凝土八百万公方；具有同等規模的斯大林格勒水电站是有土石方一亿三千万公方，混凝土七百六十万公方。在我国已建成的几个中型水电站，混凝土量也大都都在十万公方以上；獅子灘水电站的土石方和混凝土合併計算起来，也已超过了一百万公方。随着我国水电建設事業的發展，不仅在数量方面將有显著的增加，而且在工程規模上也將有大的發展。黃河三門峽水电站已經进入施工阶段，它的土石方量为一千七百万公方，混凝土量是二百九十万公方；浙江新安江水电站也已开始施工，土石方量为九十万公方，混凝土量是一百六十万公方。超越世界規模的長江三峽水电站，也已在规划之中，我国西南部蘊藏着大量水力資源，也將有計劃地进行开发，这些水电站的建設規模，將會大大超过我們現有的水平。

水电站建設不仅規模很大，而且还表現在它的建筑集中

性上(例如在狹窄地帶进行大量土石方和混凝土工程)。这是其他非水工建筑所不能比拟的。例如目前即將建成的上犹江水电站，水力樞紐工程全部集中在狹谷之中；又如正在設計的刘家峡水电站，正常水位时河面宽度仅五十公尺，須建一百四十公尺的高坝。我們不难想像，当我們要进行少量土石方或混凝土工程的时候，我們可以採用任何一种簡易可行的方法来解决的，但是当工程量达到数以万計或者更大的时候，問題就不会是那么簡單了，这就需要有計劃地严密的組織施工，才能很好的如期完成。

水电建設是百年大計，有些工程的寿命还可以超过百年以上，因而对質量要求是很高的，不仅要求它在使用年限內很好地為我們服务，还要求尽可能的延長它的寿命。对于建築材料的品質在許多場合下还有特殊的要求，例如水工混凝土須要有極高的密度以保證不透水；須要有光滑堅固的表面以抵抗高速水流的磨損和減少水头損失；在严寒地帶应具有耐冻的性能；受压的坝身应有足够的耐压强度，在各部份之間(如坝体和基础或兩岸接头)要紧密地結合。木材和金屬在时浸时露的部份需要特殊的保护方法，防止腐蝕等等。質量低劣不合要求的工程，不仅会增加补修維護費用，妨碍水电站的正常運轉，而且有时还無法修补，甚至还会造成整个堤坝的垮塌，給国家人民帶來了难以估計的損害。为了保證水电站各种建築物在質量上达到一定的要求和統一的标准，就必須在施工中人人重視質量，严密管理。同时由于工程量又如此之大，完全依靠人工的簡單操作是办不到的，而是需要通过具有高度技术装备的繁复操作过程才能达到的。很难設想在大量澆筑混凝土时沒有震动器可以把混凝土搗实；沒有

羊脚輥可以把土壤压实到規定标准(当然有时应用其他輥压設備也可达到要求)。現代建筑机械工業的發展和施工工厂化为进一步提高質量縮短工期降低造价提供了技术上必要的前提，使我們有可能把工程質量提高到一个較高的水准。在这一方面苏联已經有了很大的成就，在我国水电建設施工中，無疑地要走苏联的道路，把不能保証質量和效率又低还用着原始的操作方法的工人同志，从繁重的体力劳动中解放出来，逐漸用机械来代替。当然在目前中国的现实条件下，机械工業还不是很發达，金屬材料缺乏，人力較多，还必須是在較長时期內逐漸来提高，不能立刻就办到的。

二、水电站施工的第二个特点是施工受到季节性限制，并且和河流情况有着密切的关系。一个电站从开工到完工，由于数量既大，施工又有一定的程序，在時間上必須有所先后，往往要經過二、三年或四、五年。也就是說在整个建筑期間，要經歷水位流量悬殊的枯水季和洪水季；温度高低相差很大的夏季和冬季；而雨季的来临又往往会妨碍施工的正常进展；在严寒地帶，封冻解冻时还会受到冰凌的侵襲；某些地方还可能遭受颶風的襲击，这些自然条件的季节性变化，給予施工很大的影响。有的变化有利于施工，有的变化却給施工帶來了很大的麻煩，甚至在一定的情况下还是不可克服的困难。我們是真正担当着讓河水讓路，高山低头改造自然的工作，这又和一般非水工建筑有着很大的不同。因此在組織施工的时候，我們就不能不考虑到对施工極其重要的季节性变化的因素。例如做圍堰、排水建筑物或者堤坝和发电厂房的水下部份时，总是要選擇在水位最枯季节施工的，错过了枯水季节，就等于把工期延長一年。混凝土則宜在温

度适宜的春秋季节施工；土壤施工在雨季进行是很困难的；土壤含水結了冰就須爆破或者用特殊措施才能施工。以上說明，我們必須抓紧一年中各个工作对施工最有利的季节来組織施工，这样才是恰当的。当然現代科学技术的进步，我們還可用特殊施工方法来进行，例如在严寒时的冬季混凝土施工，在夏季可以用冷却措施，雨季則可以用防雨措施，不过須要增加施工費用，因此，如果为了縮短工期，为了全年均匀地組織施工才采用。对于那些还是不可克服的自然因素，應該从适当安排工期来适应它。并且有时要做好必要的預防措施。如果看不到这一点，將會造成很大的損失。水电站施工既然受到季节性的限制，这就大大的增加了施工技术上的复杂性，只有充分地掌握了自然条件和季节性的規律变化，充分估計到施工过程中可能發生的問題，才有可能在技术上寻求正确解决的办法，以保証施工的順利进行。

三、水电站施工的特点还反映在建筑場地范围的广大。一座攔河坝可以長达数公里，例如橫跨伏尔加河上的古比雪夫水力樞紐，攔河土坝長达2.7公里，左岸的溢流坝長1.2公里，整个水力樞紐全長达五公里。長达数公里或者更長的引水渠和引水隧洞在水电工程中也是并不少見的，就以獅子灘工程來說，从进水口到厂房有二公里，大坝和溢洪道併在一起也有1.2公里，如果再把在全家堰口的条石坝包括进去，全長就达到3.7公里。又如云南以礼河三級电站如果同时开发來說，牽涉的施工范围，就可長达五十余公里。即将开始設計的永定河下馬嶺水电站，引水隧洞將長达7公里。由于水电建筑施工范围的广大，不但加重整个施工佈置的数量，同时在施工管理和施工技术上也帶來了一系列的問題。

另一方面为了縮短工期，在施工中又会碰到这样一种情况，需要在工作面狹窄的空間內同时进行几項不同工作(并行作業)。如果事先沒有經過妥善的組織和安排，就很容易形成混亂和互相干擾，反而延誤了工期，甚至還要發生事故。蘇聯在这一方面已經創造了很豐富的經驗，例如戰後在修復德聶伯水電站的發電廠房(因戰爭時被敵人破壞的)工程中，創造了建築工程和機電安裝同時作業快速施工的光輝事範，因而大大的縮短了工期，提早了投入生產的時間。像在这种場合下，我們必須創造條件，採取蘇聯先進經驗，使電站提前投入生產，這對加速國家工業化具有重大的意義。

四、水電工程由于它本身所需要具備的條件(例如要減少水庫淹沒損失等)，往往建設在地點偏僻、交通不便、地形崎嶇、遠離着工業城市的地區。因此必須依靠建設者本身為施工創造一切必要的條件。所以首先做好一切施工準備工程便具有重大的意義。我們水電站施工工作者，跟着水電站勘測工作者後面來到了施工現場，往往在那里除了山水樹木以外甚至附近連小村莊都沒有，我們需要從空地上依靠我們自己的力量建立一個大規模的工地，需要的東西都得從無到有，不但要直接為施工做好許多準備工程，而且還要為大批施工工作者安排好物質文娛生活上所必需的設施。在人數以千計萬計的建築工地上，如果對員工的生活上缺乏必要的準備和適當的照顧，就難以使他們安心工作，我們也不應該把它看作是一個無關重要的問題，實際上單就搞伙食而論，也還並不很簡單哩！

2. 施 工 組 織

由上所述，可見水電站的施工是複雜的，既要認識到自然條件的規律，也要考慮到各個工程之間的相互關係。它的規模也是巨大的，須要分別主次，認清輕重緩急，要利用時機作合理的安排，不但要考慮到主體工程的施工，而且還要考慮到準備工程的施工。因此首先就需要進行嚴密的施工組織。施工組織的計劃，由於它必須通過一系列的繁複設計，所以我們稱它為施工組織設計。它的基本任務有二：

一、保證國民經濟計劃中所規定的正個水電站建設工程及其組成部份的竣工期限和開始發電日期。

二、以不超過一定數量的勞動力、資金及物資來進行施工。

關於第一個任務，可以這樣來理解：由於我們要建設一個社會主義國家，必須是優先發展重工業，以水電建設來講，由於電力工業是重工業中的先行工業，如果施工拖了期，在國家規定的時間內發不出電來，無疑的將會影響其他重工業的發展。因此，保證一個工程，尤其是我們水電建設工程的按期完成和提前完成，就具有頭等重要的意義。那末怎樣才可保證呢？如果一個工程數量龐大施工複雜的水電站工程，在施工前沒有很好的分析、研究、計算和安排，是不可能保證如期完工的。這些事先很好的分析、研究、計算和安排，就是施工組織設計的一個重要目標。

關於第二個任務，由於我們國民經濟的發展，是在有計劃按比例進行的，一切勞動力、資金和物資的供應，都與其他部門密切相關，國家有統一的調度和分配。如果沒有正確

数量的控制，不但会造成本身施工的困难，甚而会引起正个国民经济的混乱，無疑是会造成国家莫大的損失。同时水电站的基本建設，投資是很大的，是需要国家資金积累来担任的，因此水电建設本身的節約，也就具有重大的意义。随着施工技术不断的發展，我們就有可能使用更少的劳动力、資金和物資来完成水电建設工程。必須指出，同时必須保證質量和安全。那末这个任务，又应如何来保證呢？不难想像，我們又必須通过一系列的收集資料，分析研究和設計計算工作，才能保證，这是施工組織設計的又一重要目标。

水电站施工組織的主要問題，应包括下列几方面：

1. 規定最适宜的施工程序，以保證工程的按期完成。

水电工程規模既大，施工又受到自然条件和季节性的限制，時間是一个非常重要的因素，因此在組織全面施工的时候，必須分別緩急，集中力量于关键性工程，而把次要工程作为調剂，这样的安排施工程序，則既能保證工期，又能平衡有节奏的进行施工。

2. 选定最有效的施工方法。

由于水电站施工的复杂和多样性，选择施工方法，就要求具有高度的技术，必須全面而反复的比較，才能选定最适当的施工方法，这是施工組織中的基本問題，因为如果施工方法有变更，将会引起正个施工中的工程进度、劳动組織和器材供应等一系列的变更，無疑的將引起混乱和脱节現象。先进的施工方法，應該是平行流水作業，机械化和工厂化，但也必須是根据现实具体情况来选择的。

3. 及时而精細地做好施工准备工作，并保證做好施工的技术供应工作。

上面水电站施工特点中已經述及关于准备工作的重要性，当然在組織施工时就必須精細地認真地安排一切交通道路、办公生活建筑、輔助企業以及場地清理等准备工程、風、水、电供应和劳动力器材設備供应等，这都是对能否順利施工起着决定性的作用，因此这也是組織施工的重要問題之一。

4. 保証在施工过程中有最好的劳动組織，并給發揮先进工人的創造性和劳动竞赛創造有利条件。

由于水电站施工的工种繁多，要使每一工人都能發揮最高劳动生产率，也是一項不簡單的事情，为了保証某一工人或某一小組的高度的劳动生产率得以發揮，則不但要在工人和工人之間或者小組和小組之間合理地进行适于專業的劳动組織，同时也要使其与工作上發生联系的部門密切配合起来。不但如此，而且必須給以先进工人有發揮創造性的条件，和开展劳动竞赛的条件，例如制訂出平均先进定額及时調度加强薄弱环节等。

5. 保証制訂正确的施工技术措施計劃和做好施工过程中的核算工作。

为了有計劃有节奏的均衡施工，就必須事先制訂正确的施工技术措施計劃，它是施工組織設計工作中的一部份，是直接指导施工的行动方案，一般根据技术設計結合当时工地具体情况按單項工程来編制的。在施工过程中，为了及时的鼓励先进、加强薄弱环节、改善技术管理和經濟管理，还必须随时的做好各种測定核算和調度工作。

以上五个組織施工的主要問題，須要通过設計和現場管理来完成的。

施工組織設計一般分三个阶段来进行，即是每一水电站一般編制的初步設計、技术設計和施工詳圖这三个阶段設計中不可分割的一部分。在初步設計时主要是解决施工技术上的可能性和經濟上的合理性；在技术設計时是要把一切主要施工原則問題加以最后确定。这两个阶段主要由設計單位来担任。在第三个施工詳圖阶段中，实际上就是施工的行动方案，我們称它为施工技术措施計劃，由于实际施工时的隨時發展变化，不可能由設計單位来作，因此是由施工單位根据技术設計規定的原則結合当时当地的具体情况逐步按單位工程来进行的。

一般水电站施工組織設計的内容，概略的說明如下：

1. 首先是弄清一切有关施工的客观情况，大致包括下列几方面：

(1) 施工場地的地形地質特点；

(2) 对外交通条件，能否滿足本电站的重件大件和最高量运输；

(3) 气象水文特性，如气温、湿度、蒸發、風速風向、气压、降雨降雪及河川逕流封冻解冻等情况；

(4) 工程地質和水文地質条件，如土壤岩層地質構造特性、地下水、承压水等情况；

(5) 当地建筑材料条件，如砂、卵石、土、石、竹、木、石灰、水泥、磚瓦等的产地、产藏量或及其質量等情况；

(6) 当地有否可資利用的地方工業，如修配企業、电厂、鋸木厂、运输企業等；

(7) 当地居住条件，有否可資利用的房屋；

(8) 当地有否招募劳动力的可能性；

(9)当地的公用事業及衛生条件等;

(10)水力樞紐水工建筑物的施工特性。

以上客觀情况，一般需要通过勘测、試驗、調查，再加以分析研究，才能正确地掌握其規律性。

2. 选择最合适的施工导流和截流方法以及基坑排水的方式，并对与施工导流和截流有关的临时建筑物进行設計。

3. 正确的选择各項主体工程施工方法和安裝方法并确定施工場地的准备工作。

4. 計算施工时期各种运输量，确定道路佈置和运输方式，并对道路和有关装卸设备及站場进行設計。

5. 各种施工輔助企业的設計，如粗、細骨料的加工系統，混凝土系統、修配系統、木材加工系統以及倉庫系統等。

6. 各种施工用临时办公生活建筑的設計。

7. 施工总組織，包括施工总平面佈置和施工总进度的設計，以及劳动力，設備等的平衡彙总。

8. 劳动力、材料、机械設備等需要量的提出。

以上內容在各个設計阶段中深淺有所不同，一般需要經過一系列的方案比較，由淺入深来进行的。

关于工地組織施工，一般应有下列几方面：

1. 劳动組織。

在水电站施工中劳动生产率也和国民經济中其他部門一样，是决定施工是否成功的重要因素。

劳动組織的主要方法是在施工中使用最合理的工作方法和操作，合理地使用工具和机械設備；在工人間合理地分配劳动；支付給工人以合理的工資。

在施工中使用近代化的工作方法、設備、工具和近代化的機器是提高生產率的基本前提。

所謂勞動的合理分配就是使每個工人所做的工作適合其本身的能力。

為了保證個別工人或個別小組能得以充分發揮高度生產效率，則不但要在工人和工人之間或者小組與小組之間合理地进行勞動組織，同時也要使他們的工作和所有其他相關工作有着密切的聯系與配合。例如挖土與運土、混凝土澆筑與立模等等。

在施工中，基層的生產單位為完成一定工作過程的工人小組（或班），其小組的組織應按工作過程中所包括的作業及其特性和複雜程度來配備各種技術等級的工人。

各小組（或班）相結合就形成工作隊，工作隊分為專業的和綜合的。專業工作隊由同一專門技術工人組成，綜合工作隊由各種不同專業的工人組成，在完成綜合性作業時，綜合工作隊特別有利。

工地的正確組織和合理佈置，可給工人的勞動以最有利的條件，並可保證得到最高的生產率。在這些條件中，首先是在工地範圍內對材料、設備、工具的合理放置，以減少工人的流動和器材的轉移，以便及時地供應需用的材料，保持工地的清潔和整齊。在使用機械設備時，應合理地配置機器，調配適當的運轉工人，及時地供應燃料油料和水等，以保證發揮機器的最高生產率。

按照勞動的數量和質量支付工資原則是正確合理的工資組織，只有在不能以勞動量計算的工作才按時計算。在工資組織中，還應結合一定的獎勵制度。

在工地广泛地展开劳动竞赛，对提高劳动生产率有着很大的意义是社会主义大生产組織劳动的重要方法。

2. 施工機構組織和管理。

由于水电站施工规模巨大、工种繁复，結合劳动組織的基本性質实行区域制是合理的施工機構組織形式和領導方法，在自办工程中工程局(处)以下一般分四級領導即：工程局(处)長——工区或厂站主任——工作队長——工作班組長。工作班組和工作队是施工中的直接生产队伍；工区一般按地区、建筑物对象和建筑生产性質来划分，例如隧洞工区、筑坝工区、厂房工区或第一工区、第二工区等。厂站是輔助企業的組織形式，接受各工区委托任务，实行自己的經濟核算。工程局(处)是正个工地的計劃管理、技术管理、物資供应、質量檢查、技术安全、經濟核算和政治思想教育等的生产管理組織者，領導全工地的生产工作。

3. 施工技术組織措施計劃及其貫徹执行。

前面已經述及根据施工組織設計結合当时当地情况編制施工技术組織措施計劃是施工的行动指南，它涉及具体施工方法、施工进度、劳动力、設備、器材和風水电等的使用計劃等，目的是使各个生产方面能够有条件配合，有組織有計劃的进行工作。

施工技术組織措施計劃經過拟訂、自上而下的交付討論、自下而上的提出意見，經過补充修正最后审查批准以后，應該和命令一样貫徹到各級施工組織、供应部門、輔助生产企業部門以及其他有關部門中去，其目的在使各个有關部門都清楚地知道本部門在施工中所应担負的具体任务，这对各級施工組織來說尤其重要，因为工区以下各級施工組織对施

工負有直接的重要責任，其中以班組為單位的基層施工組織則為直接從事於實際施工的單位，一切工作必須通過工人的手做出來的，因此班組的工作做得好壞是決定工程做得好壞的最直接因素。為了把工程做好，這就有必要把施工技術組織措施計劃很好地貫徹到工人羣眾中去，使他們了解隊和班組的具體任務是什麼，使他們弄清楚班組本身的具體任務與班組相互間的工作關係和相互影響。通過動員報告並對操作規程和安全技术規程的學習和討論，使每一個參加工作的幹部和工人徹底了解本身的任務，工作對象和具體操作過程，因為嚴格遵守操作及安全技术規程就是按計劃施工和防止發生事故的最好保證。對於保證工程質量問題，不僅要向工人和某些技術水平較低的幹部說明必須要那樣做的道理，還要進一步說明不那樣做會造成那些不良的後果，這樣就能夠使工人把理論和實踐結合起來，並在這個基礎上開展勞動競賽和技術革新運動，以提高產量保證質量和降低成本。

同樣重要的是開工以前對全體職工的政治思想教育工作，以提高全體職工的政治覺悟，發揮積極性和創造性，努力為全面地完成工程任務而奮鬥。

4. 做好開工以前的準備工程和準備工作。

一個工程的施工，事先做好準備工程是極其重要的。尤其水電站施工複雜，歷時數年，很多的居住房屋、交通道路、輔助企業等等，都須先期建立，並且對於施工機械設備和建築材料等，都須有一定數量的儲備，才能保證順利的施工。否則盲目開工，往往造成停工待料，以使準備工程與正式工程同時施工的忙亂現象，這樣對施工是極其不利的。

水電站建築地址，往往是交通不便的地方，因此首先就