

黃河綜合利用規劃
技術經濟報告參考資料
第五卷 水 工

黃河規劃委員會

1954年12月

第伍卷 水 工

可 言

第一章 水力樞紐工程佈置概論

第二章 水力樞紐工程量和造價的估算

第一節 水力樞紐工程量的估算

第二節 水力樞紐造價的計算

第三章 第一期水力樞紐的工程佈置和建築物型式的選定

第一節 三門峽水力樞紐

第二節 劉家峽水力樞紐

第三節 青銅峽水力樞紐

第四節 渡口堂水力樞紐

第五節 桃花峪水力樞紐

第四章 第一期水力樞紐的施工意見及造價

第一節 三門峽水力樞紐

第二節 劉家峽水力樞紐

第三節 青銅峽水力樞紐

第四節 渡口堂水力樞紐

第五節 桃花峪水力樞紐

第五章 臨時防洪措施

第一節 黃河下游基本情況

第二節 下游最大容許洩量

第三節 臨時防洪措施

附件：一、水力樞紐說明書

二、水庫區域淹沒補償投資估計說明書

技經報告水工部分的編製，由於我國尚沒有按折算混凝土量計算水力樞紐工程量和造價的方法，因此必須較詳細地研究并擬定全部水力樞紐的水工佈置，以便可能用實物單位來計算工程量。對於只有1/100,000軍用地形圖的填址（如龍羊峽、積石山、李家峽）及未曾進行地質鑽探工作的填址，水力樞紐的水工佈置的擬定及工程量與工程造價的估算都是極其粗略的。這些填址或者位於離開工業城市較遠的上游地區，或者位於交通阻塞的地段，水利資源的開發當是遠景中的事，因此這樣作並不影響本報告的結論和第一期工程的選擇。對於第一期水力樞紐（如三門峽、劉家峽、青銅峽、渡口堂和桃花峪）的水工佈置和施工條件的研究較其他水力樞紐為詳細，對所採用的建築物 and 主要設備型式的論證也給了很大的注意。

第一章 水力樞紐工程佈置概論

黃河由龍羊峽到海口三千七百餘公里間，地形地質和水文特性上均有很大的變化。水文方面，洪水流量相差很多，但平均流量相差比較小，龍羊峽多年平均流量550秒公方，深口多年平均流量1,490秒公方。河床坡度在峽谷區約為1/1000~3/1000平原區約為1/10000~2/10,000。集中落差僅有壺口瀑布一處，該處在1,800公尺中降落19公尺。一般流量較大，集中落差又很少，故發電的水力樞紐都採用堤壩式的水工佈置。同時因為地形地質及其他方面的差別，水力樞紐的工程佈置也是多式多樣的。

由龍羊峽到青銅峽，距離約980公里（包括水庫迴水長度），落差1,401公尺，水力樞紐多在峽谷中，劉家峽以上共分9級開發，一般只能發電，其中龍羊峽、積石峽及劉家峽庫容較大，是綜合利用的水力樞紐。這一段填址都很窄，河寬一般30~50公尺；地質多為堅硬的變質岩或砂岩，適宜於建築高壩，個別因受上游梯級開發的限制，壩高較低，如

李家峽、姚錄山等。劉家峽選為第一期工程，填址河寬45公尺，兩岸為岩石峭壁，高出水面約150公尺。攔河填均為混凝土重力式，因為河身很窄，溢洪道及廠房地位不夠，採用隧洞洩洪及隧洞引水而電廠位於兩岸山岩下的有龍羊峽、積石峽、劉家峽等水力樞紐，採用隧洞洩洪而廠房位於填下的有拉西瓦、姚錄山、松巴峽、寺溝峽等；公伯峽用隧洞洩洪廠房成L形，部分在填下，部份靠右岸；李家峽從填頂溢洪，隧洞引水，廠房位於兩岸。有些填址，採用洪填或溢流式電站可能更為適宜，但因構造較為複雜，計算困難並且造價不易估計，故在技經報告中未作比較方案，這個問題應在初步設計中加以論證。這一段水力樞紐的工程量都比較低，混凝土量劉家峽每瓦約為1.2公方，其餘約為0.8~1.4公方。惟拉西瓦因填身過高約為每瓦2.7公方。交通條件，除劉家峽距蘭新鐵路較近外，其餘填址距鐵路線均很遠。

劉家峽到蘭州距離約100公里，落差109公尺，有鹽鍋峽、八盤峽、柴家峽三個發電的水力樞紐。填址一般河寬二、三百公尺，地質均係砂頁岩，鹽鍋峽岩層傾度較小，為堅厚的砂岩夾薄層頁岩，河床中覆蓋層厚僅1.5公尺，八盤及柴家峽地質較差。水工佈置與上段基本不同，沒有高填，並採用普通的壩式發電佈置，即廠房在填下與溢流部分相鄰。混凝土工程量也很低，約為每瓦1.2~1.5公方。交通條件很好，八盤峽填址距鐵路線僅兩公里，鹽鍋峽距鐵路線約20公里，柴家峽填址就在鐵路線旁。

蘭州以下，到黑山峽距離約330公里，落差273公尺，有三個水力樞紐，其中烏金峽並作了兩級開發的比較方案，除黑山峽綜合利用外，其餘均係發電的水力樞紐。這一段河寬約在200公尺左右，大峽、烏金峽低填方案及大柳樹均採用普通的堤壩式佈置，烏金峽高填方案及黑山峽均採用隧洞排洪，廠房位於填下。填址地質，大峽係砂頁岩，烏金峽係花崗岩，黑山峽（黑岩嘴子）係石英岩，大柳樹係石英片岩，均堅好，惟大柳樹兩岸

的山麓堆積很厚，烏金峽填址據鑽探結果，河中覆蓋層深達32公尺，地質條件較龍羊峽至蘭州段稍差，惟流量較高，發電量較大，每瓦的混凝土量一般在 $1.0 \sim 1.6$ 公方之間。

由青銅峽到河口鎮，距離約870公里，落差149公尺，這一段黃河經行於廣闊的平原上，有青銅峽、三道坎、渡口堂及昭君墳四個水力樞紐，水頭都很低。青銅峽是一個以灌溉引水為主的水力樞紐，發電水頭僅9公尺，第一期工程，抬高水位1.5公尺，不能發電。三道坎是一個改善航運條件和發電的水力樞紐，水頭18公尺。渡口堂是第一期灌溉引水的水力樞紐，水頭4公尺，未考慮發電，為符合第一期航運的要求，這個水力樞紐設有船閘。昭君墳是遠景的灌溉水力樞紐，水頭3公尺，也未考慮發電。

由河口鎮到龍門（禹門口）的距離約720公里，落差609公尺，共分十五個開發，都是發電的水力樞紐，填址均在山峽中。小沙灣到龍口一段有小沙灣、萬家寨、龍口三個填址，地質除小沙灣為白雲岩外均係石灰岩，岩層整齊堅硬，溶洞情況除龍口外尚不嚴重。鑽探結果，河中覆蓋層很厚，一般約為2~5公尺。石盤龍門填址亦係石灰岩，惟河中覆蓋較厚。石盤以下到壺口係砂頁岩區，選定的10個填址，均未經鑽探。這一段除龍門外，填高一般均在40公尺左右，填址河寬自300到500公尺，一般均採用普通的壩式佈置，並留有船閘位置。三川河以下，洪水量很高，超過25,000秒公方，老鴉關及里仁坡填址上的溢流部寬度不夠，勢必另於兩岸增加洩洪隧洞，工程量較大。壺口（雲岩河的比較方案）自填頂溢洪，廠房在填的下游1.2公里，引水隧洞較長，須加調壓設備。洪水時尾水位很高，廠房就山坡開鑿，頂部係露天的，尾水經隧洞排出，為半地下式的廠房。龍門為填頂溢洪，引水隧洞長400公尺，也需調壓設備，洪水時尾水位很高，採用地下式廠房。混凝土量，在石盤以上各水力樞紐每瓦 $1.3 \sim 1.5$ 公方；石盤以下，砂頁岩地區，洩洪量

較大，填身較長，假定的填基開挖深度又較大（水面以下10公尺），混凝土量一般均在每瓦2公方以上。各填均採用混凝土重力式，羅峪口及社字里兩個水力樞紐曾考慮過土填的比較方案，土填的導流及洩洪都很困難，除個別在地形上特別有利並具備築填材料的地址外，在這一地段上均不合宜。各填址的交通均很困難，與鐵路綫相距較遠。

龍門到桃花峪距離約490公里，落差283公尺。龍門潼關間，有謝村、安昌兩個低水頭的水力樞紐，填址河身寬闊，沖積層很深，且係鬆軟細沙，非溢流部採用土填，惟洪水峯特高（36,000秒公方），溢流填很長，並須用空心填，廠房基礎也須加處理以增高承载力，因此工程量很大發電量又低，每瓦需混凝土在4公方以上，鋼筋量0.5公噸，工程費用很高。

必須指出，葭縣至安昌一段各水力樞紐之工程量較大的原因，主要是洩洪流量大，需要較長的溢流填，因而土石方開挖、混凝土與金屬材料等工程量較多。爲了縮減溢流填的長度，減少各項工程量，上述各水力樞紐最好在黃河本段各支流調節水庫建成以後修築才是合理的。

潼關以下陝縣至孟津，黃河又進入峽谷，有三門峽、任家堆、八里胡同、小浪底四級，除三門峽係綜合利用外，其餘均係發電的水力樞紐，三門峽選爲流域開發的第一期工程，由於該水庫的攔蓄作用，洩洪量減低很多。這一段地質變化很大，三門峽係閃長斑岩，任家堆係石英岩，八里胡同係石灰岩，小浪底係砂頁岩。三門峽填址兩岸山崖相距四百餘公尺，河中有兩個石島，下口收縮成爲寬120公尺的頸口，地形較爲特異，施工導流可利用石島的形勢，分段施工，惟廠房及溢流部下游河床開挖量較大。任家堆填址河寬二百餘公尺，採用普通的堤填式佈置，開挖量亦大。八里胡同兩岸山岩陡峭，河寬僅二百公尺，經填頂溢洪，電廠位於右岸由隧洞引水。小浪底河中砂礫層很厚，因水頭不高（27公尺），填的溢流部建於砂礫基礎上，廠房位於右岸，基礎爲砂岩。三門峽的混凝土量約爲164

萬公方，按水庫蓄水量計算，每百萬公方約需混凝土4.5公方，如按裝機容量計算，約為每瓩1.8公方。其他三個水力樞紐每瓩需混凝土0.9~1.5公方。

小浪底以下，到邙山桃花峪有四個水力樞紐，其中西霞院、花園鎮、荒峪均係低水頭的發電的水力樞紐，填址河床寬廣，情況與謝村、安昌相似，惟因三門峽水庫的攔蓄作用，洪水量較低，發電引水流量較高，裝機容量較大。混凝土量每瓩2.1~3.3公方，鋼鐵量每瓩0.2~0.3公噸，較謝村、安昌為低。荒峪填址河身極寬，土填部份長達2.3公里，填土工程量亦高。桃花峪係第一期的灌溉水力樞紐，兩岸均有灌溉進水閘及沉沙池；水頭3.6公尺，未考慮發電。

總括上列所述，黃河各水力樞紐的水工佈置，基本上可以歸納為下列數種型式：

一、攔河建築混凝土重力填，電站廠房佈置在填下，電廠引水利用通過填體之輸水鋼管或兩側的隧洞。水力樞紐運轉期間的專用洩洪隧洞^{排洩}設計洪水經水隧洞和洩洪隧洞在施工期間均作為施工導流之用。其中利用鋼管輸水的有拉西瓦、松巴峽、寺溝峽、烏金峽高填方案及黑山峽等，利用隧洞輸水，廠房放在填下兩側的，有龍羊峽、積石峽與劉家峽。利用填使鋼管及隧洞同時輸水，合併上兩種型式廠房成形的有公伯峽。這類水力樞紐多位於河谷深窄的地區，在今後設計階段可考慮採用拱填或重力式填具的型式以減少混凝土工程量。

二、普通填式佈置，攔河建築混凝土重力填，填之一端為溢流堰，電廠在填下與填軸平行以通過填體的鋼管輸水，這種型式簡單採用最為普遍，計有鹽鍋峽、八盤峽高填方案、大峽、大柳樹、小沙灣、萬家寨、龍口、石盤、前北會、羅峪口、葭縣、礮口、三川河、老鴉關、清水關、里仁坡、三門峽、任家壩、小浪底等十九個，佔全部水力樞紐的40%，其中老鴉關與里仁坡兩處，因為設計洪水洩量太大，溢流填長度不夠，另在填之

兩端增加洩洪隧洞以排洩部份洪水。

三、攔河建築混凝土重力式溢流壩，壩下設有護坦，⁵電站廠房放在壩下與壩軸垂直，由隧洞輸水。其中廠房位於壩下一側者有壺口、龍門及八里胡同三處，廠房位於壩下兩側者有李家峽一處。壺口及龍門洪水時尾水位很高，採用地下式廠房以免洪水對電廠機電設備的影響，在運轉期間，尾水經隧洞排出。李家峽及八里胡同，廠房尾水道以外與護坦下游或海漫部份直接相連，爲了避免溢洪時壩下游所產生的波動對水輪機運轉的影響，在今後設計階段必須對該兩水力樞紐的工程佈置方式重新考慮。

四、適於河谷有足夠寬度的低水頭水力樞紐採用混凝土溢流壩及壩壩式廠房，廠房與壩體結合成非溢流部的擋水作用。此類壩式用在廣滿河床沙質基礎上的有謝村、安昌、西霞院、花園鎮及荒峪等五個水力樞紐，水頭爲5~15公尺。在一般寬河床岩石基礎上的有八盤峽低壩方案、柴家峽、烏金峽低壩方案、青銅峽、三道坎、社字里及雲岩河等，水頭多爲20~30公尺。也有河谷太窄，攔河除壩壩式廠房外無溢流壩的位置，運轉期間須以專用之洩洪隧洞排洩設計洪水，如岷縣山水力樞紐這種佈置並不適宜，在今後設計階段應考慮採用溢流式電站。

五、灌溉的水力樞紐，一般都建築在較寬的河床，壅水高度約1.5~4.0公尺。屬於這類型式的有青銅峽第一期工程、昭君壩、渡口堂及桃花峪等四個水力樞紐，後兩座壩模數大，並具有沉沙池設備。

第二章 水力樞紐工程量和造價的估算

第一節 水力樞紐工程量的估算

水力樞紐工程量的估算，除一部份利用1954年2月水力發電建設總局編製的「技術經濟調查報告規程」中所列概算圖表或經驗公式外，大部份係根據水工建築物的設計尺寸估算，因爲目前關於水電建築工程的資料以及利用這些資料而求得的工程^量與水工建築物和施工條件等各種參變數的關係還很少，而利用折合混凝土量來求各建築物的工程概算的辦法對於

我國情況亦難適合。本報告所採用的估算方法，要求水工建築物有較明確的尺寸，所以在一般遠景開發方案中，水力樞紐的設計實際上已超過技術經濟調查報告階段所要求的精細程度。

本報告中所採用的估算方法，根據工程項目分類簡述如下：

一、土石方工程

1. 填基開挖：在具有鑽探成果的填址，填基開挖深度係根據實有地質情況決定。大部份遠景開發方案的填址，均缺乏應有的地質斷面資料，填基開挖深度均係假定。兩岸開挖視山麓堆積物及岩石風化程度而定，假定深度為3~8公尺不等；河床開挖決定於覆蓋層厚度及岩石風化情況，一般假定覆蓋層厚度為2~6公尺，岩石開挖深度為3~4公尺，也有由於河床情況了解不夠清楚，假定開挖深度由水面向下6~12公尺不等，假定標準尚不夠統一，與實際情況很難符合，將來初步設計時可能須有較大之更動。
2. 土填及填土：一般土填及填土的工程量皆按草圖估算。
3. 隧洞開挖：按「技術經濟調查報告規程」的規定計算。工程量包括水力樞紐施工時間的導流隧洞，但未考慮隧洞施工時期的出渣及通風等必要的輔助隧洞。
4. 其他：一般建築物的開挖深度視建築物的要求及地形情況而定，開挖體積概按草圖估算。除電廠進水及尾水部份外，其餘非建築物本身的開挖及在施工中所需要的開挖或其他零星開挖均未估算。

二、混凝土工程

1. 非溢流部填體混凝土：非溢流部重力式混凝土填體的體積，根據「技術經濟調查報告規程」複式深谷的公式計算，也有根據實有斷面計算的，兩種方法的誤差不超過百分之十，都合於要求的精度。
2. 溢流部填體混凝土：在中砂細砂基礎上，溢流部份採取空心式溢流壩，其工程數量按設計圖估算。一般重力式混凝土溢流壩，在壩高低於30

公尺時，混凝土工程量根據「技術經濟調查報告規程」的規定計算；填高大於30公尺時，因為根據該規定計算所得填體混凝土量偏大，護坦混凝土量偏小，在50公尺以上的填高，其誤差常大於10%，所以概按實際設計圖形估算。

3. 廠房混凝土：根據過去國內外各水電站廠房建築的統計，廠房混凝土量與廠房體積有一定的比例關係，一般廠房上層建築混凝土體積為廠房毛體積的10~11%，下層建築的混凝土體積為下層毛體積的65%（K式）至70%（Q式）。本報告即根據此關係估算工程量。

4. 隧洞混凝土：按「技術經濟調查報告規程」的規定計算。

5. 其他：其他建築物如進水閘、船閘、沖沙閘、沉沙池、調壓塔、進水塔等，混凝土工程量皆按設計草圖計算。

本報告採用混凝土標號110、140、170及200號數種，一般素混凝土皆採用110號，如填體混凝土等；一般鋼筋混凝土則按140號估算，如廠房混凝土等；隧洞鑲設質量較高，按170號估算；而在150公尺以上高填，填體承受壓力甚大，對混凝土質量要求很高時，則部份按140、170及200號估算。

三、金屬材料

1. 鋼筋：填體鋼筋以每公方混凝土5公斤估算，護坦鋼筋以每公方混凝土25~30公斤估算。廠房鋼筋混凝土建築，每公方混凝土的鋼筋量，上層建築65公斤，下層建築25公斤。隧洞鋼筋以每公方混凝土30~40公斤估算。其他建築物的鋼筋量，視該建築物的作用及應力情況，假定一適當比數。在一般情況下鋼筋混凝土的鋼筋量合每公方混凝土20~65公斤。

2. 閘門：閘門工程量的計算，與閘門所承受之水壓力有關，一般壩頂閘門承受水壓力不大，採用直昇定輪閘門，統按「技術經濟調查報告規程」的公式計算，其數值較實際設計的一般閘門為大，偏於安全。一

般輸水閘門或底孔洩水閘門，承受較大之水壓力，採用履帶式高壓閘門，其工程量係根據利用統計材料製成的概算圖表估算。其他建築物如小型溢洪堰閘門、灌溉渠首閘門、船閘、沉沙池閘門及進水塔圓筒閘門等，概按實際情況參照過去類似建築物的統計資料估算。

3. 建築鋼料：電廠上層建築鋼料，根據已成建築物的統計資料，按每公方上層空間體積 2.5 公斤計算。輸水道進口之攔污柵鋼料，在流速不大於每秒 0.6 公尺的條件下，每平方公尺面積的用量以 220 公斤估計。其他建築物的建築鋼料如進水塔等係參照國內外已成的類似建築物估算。對於第一期工程計算較細，除上述建築鋼料外，尚計入其他鋼料如開門場金屬結構等，而在一般遠景開發方案中則從略，因此下表中建鋼料一項第一期工程較其他一般工程為多。

4. 壓力鋼管：電廠輸水道壓力鋼管按「技術經濟調查報告規程」的公式（該公式曾加以修正）計算。

5. 廠用起重機：選用蘇聯標準型式起重機，其荷重能力及自重查自「水電站水輪機的設備」一書。

6. 其他：其他金屬材料，工程量較大時皆按設計草圖估算，一般零星材料所佔全部工程量的比重不大，則不作估算。

附：黃河幹流水力樞紐工程總括表。

二節 水力樞紐造價的計算

一、交通路線的規劃

在第一期工程中，交通路線係以國家已有的鐵路公路配合新建的專用路線，使能確保材料及時供應為原則。一般遠景開發工程，並考慮國家計劃中的和其他可能的交通路線。專用路線的規劃，以相鄰各填址儘可能共同利用為原則。

黃河中游第一段龍羊峽至青銅峽以蘭州為運輸中心，蘭州以上自修新鐵路修築部份專用鐵路和公路通至各填址；蘭州以下及第二段青銅峽至河口鎮各水力樞紐利用國家計劃中的包蘭鐵路為主要交通路線。第三段及第四段河口鎮以下小沙灣至桃花峪各填址，分別以同蒲鐵路及臨海鐵路為主要運輸路線，配合專用路線連接工地。

二、材料單價

材料單價包括材料出廠或開採價格及運雜費等。其計算標準，係參考國家計劃委員會及有關各部門最近頒佈的資料擬定。

主要材料價格：鋼筋每公噸650萬元，木料每公方原材78.7萬元，成材113萬元，水泥根據混凝土的設計強度，採取300號及400號兩種，每公噸之出廠價格為43萬元及50萬元。運輸費用：鐵路運費根據鐵道部規定之標準計算；公路運費按每公噸公里6,000元或每公方公里8,000元計算；航運運費分別材料種類及順水逆水情況，每公噸公里按700~1,000元計算。

關於材料的採運地點，第一期工程是根據國家現有的工廠能夠確保材料供應為原則。遠景開發工程並考慮國家將來發展計劃。各段水力樞紐主要材料（第一期工程除外），按下表採運地點計算運費：

	龍羊峽至青銅峽	青銅峽至河口鎮	河口鎮至潼關	潼關至桃花峪
鋼筋	鞍山	鞍山	太原	漢口
水泥	永登	唐山	唐山	唐山
木材	東北區 70% (成材)		中南區 30% (原材)	

三、工人工資標準

工人工資標準，考慮國民經濟逐步發展和工人生活相應提高的情況，規定每天為：機工 35,000 元，技工 25,000 元，普通工 15,000 元。

四、施工年限

為了與國家工業化的發展速度相適應，水力樞紐施工期限盡力縮短，俾使其能早日發生防洪、發電、灌溉及航運等效用，以三門峽為例，計劃於五年內全部工程基本完成，其他各水力樞紐施工期限約在三年至五年之間。

五、工程定額和單位造價

在擬定工程定額的標準時，考慮了相當程度的機械化施工方法。工程單位造價除工料及機械使用費等直接費用外，一般並包括 25% 的間接費用。茲將主要項目分別說明如下：

1. 混凝土：混凝土工程定額視混凝土標號及工程性質而異，根據目前國內統計，一般 110 號混凝土每公方的主要工料定額為：300 號水泥 270 公斤；砂子 0.6 公方；石子 0.8 公方；木料 0.04~0.15 公方；人工三個。

各填址材料運費不同，混凝土價格亦相差很多，110 號混凝土的單價最高 160 萬元，最低 58 萬元。冬季施工數量佔 10~15%，另增施工費用 30%。

2. 鋼筋工程：鋼筋與混凝土分開計算，每公噸工料定額計人工 13 個，

鋼筋1.04公噸，間接費用15%，單價為848~992萬元。

3. 土石方工程：土方以機械施工為原則，單價視地區、土質、運距和材料價格而不同，一般每公方為8,000~31,000元。石方工程種類頗多，如石方開挖以空氣壓縮機及風鑽操作，人工斗車出渣，運距300~400公尺，一般單價每公方為11~16萬元。

4. 圍堰工程及其基礎處理：由於各填址導流方法不同，圍堰分為土石、木籠及黃河過去所採用的柴埝圍堰三種，圍堰工程僅計算其土石部份。基礎處理，包括鑽孔及灌漿兩項，鑽孔以鑽探機及風鑽操作，灌漿在一般情況下，每公尺使用300號水泥約70公斤。

5. 倉庫及房屋：房屋分為四類：第一類是永久性的辦公室及宿舍建築，一般水力樞紐的建築面積約2,800~21,000平方公尺；第二類是施工廠房及倉庫，一般建築面積約3,400~15,000平方公尺；第三類是臨時性辦公室、宿舍、醫院和學校。第四類是臨時性宿舍、食堂及其它附屬房屋，採用一般「工棚」的型式。房屋的建築單價每平方公尺第一類約125~155萬元，第二類約105~125萬元，第三類約75~85萬元，第四類約40~50萬元。

6. 交通設備：參考國家計劃委員會的資料，鐵路分為山嶺、丘陵、平原三種，每公里造價各為55、40、30億元；施工期間之臨時性公路每公里造價定為4億元；永久性的公路每公里造價定為8億元。

7. 水輪機、發電機、變壓器及開關場等設備工程，參照豐滿1954年蘇聯訂貨價格，另加運雜費用35.65%及安裝費用10%，求出該水頭下的機電設備單位造價，應用蘇聯機電設備單位造價與水頭關係的概算曲線，分別求出各水力樞紐的機電設備造價。

8. 金屬結構及閘門等：按鋼筋價格為基礎，廠房金屬結構及攔污柵相當於2倍，開闢場金屬結構相當於2.5倍，輸水鋼管相當於3倍，分別計算之。閘門每公噸單價高壓閘門約6,500~6,700萬元，低壓閘門約5,100~5,250萬元，廠用起重機每公噸單價約4,000萬元。

六、總造價的組成

1. 工程費用：工程費用係指水力樞紐的各項工程造價，連同勘測設計及其他費用在內。第一期工程，勘測設計費及其他費用分別各項工程造價的2%及10%計算。遠景開發方案中上述兩項共計為17%。對於共同利用某一段交通路線的各遠景水力樞紐，工程費用採取了兩個數字：其一是為了統計黃河流域開發的總投資額，將專用交通路線的造價分段計算於各有關水力樞紐的工程費用中（表中I項）；其二是為了比較各水力樞紐的投資起見，則將其單獨修建時所需要的專用交通路線的全部造價均計算在內（表中II項）。

2. 施工設備購置費用：施工設備購置費用在第一期工程中，係根據工程量和施工進度計算，一般遠景開發方案則比照第一期工程以百分數估算之。

3. 淹沒補償費用：第一期工程如三門水力樞紐計算較詳細，均應遷移地點、方法及搬運費，並分不同高程按水位昇高情況逐年分別統計；一般遠景開發方案皆按查勘報告估計淹沒人數及補償費用。

、水力樞紐總投資額為工程費用（採用表中I項）、淹沒補償費用與施工設備購置費用之和。在工程完成後施工設備和一部份材料應分別折舊和作價收回，在技經報告階段，一般遠景開發方案假定收回投資等於施工設備購置費用（第一期工程三門峽和劉家峽稍有出入，詳概算表）在總投資額內減去收回投資即為建築總造價，以此作為統計單位投資標準。

附：黃河幹流水力樞紐工程造價表。

第三章 第一期水力樞紐的工程佈置和建築物型式的選定

第一節 三門峽水力樞紐

一、自然條件

三門峽填址在陝縣下游22公里，黃河原向東流到此爲山峽所束，急轉向南成近90度的陡彎，河中有兩石島，將水流分爲三股，稱爲人門、神門、鬼門，寬度均不足100公尺，兩岸山崖底部相距四百餘公尺。島下三股會而爲一，兩岸凸出的基岩形成狹窄的頸口，寬僅120公尺。下游並有砥柱石、煉丹爐、梳妝台三個小島橫在河中。峽口上下游河道一般寬二、三百公尺，深四、五公尺。峽口以鬼門爲最淺，枯水時一般無水，神門水流最急，深度達十公尺以上，但目前尚無實測記錄。兩岸山坡高出水面100公尺以上。

這一帶地層係石炭二疊紀煤系，上面爲紅色土和黃土，火成岩（閃長斑岩）侵入二疊紀煤系中，厚約90公尺。峽口三門區內，河床、岸邊及河中二島，均係堅硬之閃長斑岩，岩層大致以15度~25度之傾角向上游傾斜。左岸山坡較陡，約爲35度左右，煤系地層多露出地面，閃長斑岩在峽口以下山坡上也有露頭，黃土覆蓋層較薄，厚度達20公尺。右岸較爲平緩，黃土覆蓋層較厚，距河500~600公尺之三門溝內發現有閃長斑岩露頭，因傾斜關係，愈向下游岩層愈淺，距填址500公尺處，閃長斑岩漸消失，鑽孔漏水每分鐘0.1公升以下。

地形資料有1/2,000填址地形圖及1/10,000水庫地形圖。水文資料有陝縣水文站1919~1953年水文記錄，填址多年平均流量1,306秒公方，千年頻率洪峯流量37,000秒公方。

二、工程佈置

水力樞紐的水庫設計正常高水位爲大沽標高350公尺。填軸線擬位於三門峽上口，跨越石島，橫截三流——人門、神門和鬼門。從施工導流和地質條件來看，填軸線以此處適宜。擬定填址處之閃長斑岩厚度均

在六十公尺以上。因岩層愈向下游愈薄，填軸線如向下移，建築物基礎閃長斑岩的厚度降低甚速，如向上移，河底岩層雖加厚，但兩岸銜接的條件不利。

攔河填頂全長約1,100公尺，河中一段長約470公尺，電站廠房在填下靠右岸。船閘設在右岸。爲了連接西岸堅好的閃長斑岩層，右岸的填軸線向下游作一大彎曲，左岸填身也微向下彎。填基均開挖到閃長斑岩層，河床部份沒有進行測深及鑽探工作，暫假定開挖到高程272~275公尺。在混凝土建築物兩岸的基礎部份擬開挖4公尺表面破碎岩石層。右岸位於建築物基礎部份的黃土覆蓋層須全部挖去。左岸建築物基礎中的煤系岩層，因爲其滲透特性及承載能力尚未進行詳細測定，現假定全部挖去，在下一步設計階段對此問題要特別注意，因爲煤系岩層的岩坡較陡，開挖較深。

三、建築物的型式

攔河填係混凝土重力式，第一期進行，在水庫水位爲320公尺時，應能排洩洪水8,000秒公方，這個條件要求採用通過填內的底孔洩洪，洩洪部全長184公尺，由於長度的限制，洩洪孔分兩層裝置，每層十五孔，洩洪孔直徑爲4.5公尺。下層孔口中心高程290公尺，上層孔口中心高程300公尺。水庫水位320時，洩水孔設計洩洪流量約7,800秒公方，加上初期運行的四台水輪機（第一年裝機）所通過之水量430秒公方，大於8,000秒公方，足夠滿足排洪的要求。進口閘門採用寬4.0公尺高5.0公尺履帶式閘門，水庫正常高水位350公尺時，下層閘門所受水壓爲60公尺。

洩洪部份下游護坦高程定爲268公尺，平時水深約12公尺，洩洪時深約18公尺，這是根據建築物下游銜接情況的水力計算而決定的。護坦以下，左岸突出部分開挖至280公尺高程，較常水位略低。洩洪部分與廠房中間用導牆隔開，到護坦下地為止。