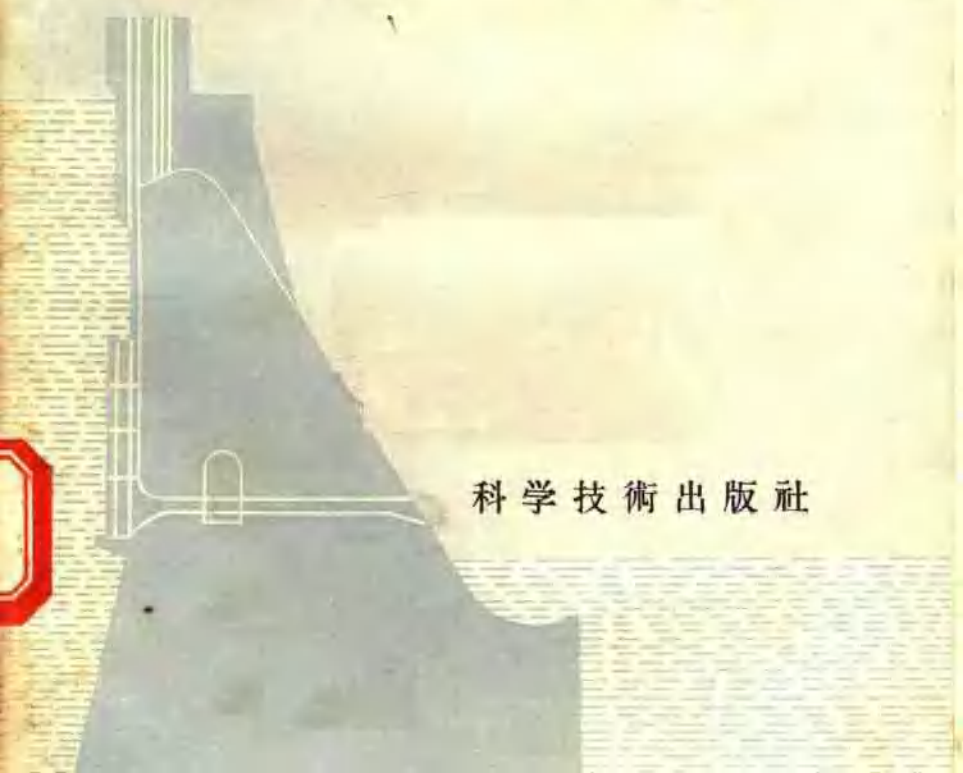


汪景琦 著

高坝式水利枢纽布置

A stylized illustration of a dam and water flow. The dam is depicted in dark grey with a white outline of its structure. Water is shown flowing over the dam and into a reservoir below, represented by horizontal lines. A red decorative element is visible on the left side of the illustration.

科学技術出版社

高埧式水利樞紐布置

汪景琦 著

科学技術出版社

內 容 提 要

本書敘述高壩式水利樞紐各建築物的特點、各部尺寸估算方法、水利樞紐布置應如何考慮當地地質、地形、及施工、運用等條件，並介紹設計定額及某高壩式水利樞紐布置的概況及經驗總結，可供水工設計人員、及專業學校學生參考。

高壩式水利樞紐布置

著 者 汪 鼎 琦

*

科學技術出版社出版

(上海建國西路 336 弄 1 號)

上海市書刊出版業營業許可証出 079 號

上海啓智印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號: 15119·511

開本 787×1092 毫米 1/32 · 印張 3 1/4 · 字數 68,000

1957 年 5 月第 1 版

1957 年 5 月第 1 次印刷 印數 1—2,000

定價: (16) 0.46 元

序

水利樞紐是水电站或其他水利工程所属各建筑物的总称，其規模决定于河川自然条件及綜合利用的要求，各項主要建筑物的相对位置，則基本上是决定于水利樞紐布置。因樞紐布置須考虑各种因素，牽涉的面頗广，所以很难归納成一固定的設計规范；此項有关文献，国内极少，苏联戈宾著“水力发电站”和別尔格著“坝后式水电站布置”，都述及水利樞紐布置，惟討論范围較广泛，而且很多情况与中国不同，不能直接采用，以致初学或初次参加該項工作的同志，必須摸索相当時間，方能逐漸熟練。笔者近年来，参加某巨型水电站的技术經濟报告、以及初步設計的水利樞紐布置工作，茲就研究所得，及以往参加佛子岭水庫設計的工作的一点經驗，参考国内外有关資料，于工暇之时，写作此書，略供国内从事水电及水利工程者参考。

本書共分十章，第一章总論水利樞紐布置要点，第二章水利樞紐各建筑物的特点，多摘自参考資料(1)、(2)，各部尺寸估算方法，則为笔者总结經驗；第三章至第九章第二节，除部分为参考資料外，多为笔者著述；第九章第三、四、五节的設計定額，为上海水力发电設計院左春华同志与笔者共同編拟，并参考其他工程师的意見而作威；第十章为笔者所写某巨型水电站水利樞紐布置工作总结的一部分。

由于笔者学識淺陋，内容不够完善，謬誤在所难免，尚希讀者多多提供改进意見。

本書承华东水利学院李月素同学协助整理、繪图，特此志謝。

汪景琦 1956年7月于上海

目 录

序

第一章 总論	1
--------	---

第二章 水利樞紐各建築物的特点及簡易估算方法	4
------------------------	---

§2—1 引言	4	§2—6 厂房及变电站	21
§2—2 攔河坝	4	§2—7 放水道	23
§2—3 进水結構	9	§2—8 航运过坝建筑物	25
§2—4 压力水道	13	§2—9 漁业建筑物	32
§2—5 溢洪及消能設備	16		

第三章 水利樞紐布置的工作步驟	32
-----------------	----

§3—1 技术經濟調查報告	32	§3—3 技术設計	36
§3—2 初步設計	33		

第四章 水利樞紐布置与坝址的地質和地形	36
---------------------	----

§4—1 引言	36	§4—4 当地建筑材料	38
§4—2 坝基地質	36	§4—5 坝址地形	39
§4—3 坝址附近地質	37		

第五章 水利樞紐布置应考虑的施工条件	40
--------------------	----

§5—1 施工导流	40	价	42
§5—2 施工場地及交通运輸	41	§5—4 施工期限	43
§5—3 施工方法与工程單		§5—5 其他	43

第六章 水利樞紐布置应考虑的运用条件	43
--------------------	----

§6—1 厂房的运用.....43	§6—4 灌溉给水及水运的 运用.....46
§6—2 溢洪道的运用.....44	§6—5 渔业建筑物的运用.....46
§6—3 航运过坝建筑物的 运用.....45	§6—6 其他.....46
第七章 一般式水利枢纽布置46	
§7—1 混凝土重力坝.....47	§7—3 拱坝及重力拱坝.....50
§7—2 土坝、堆石坝及各 种混合坝.....50	§7—4 支撑坝.....51
第八章 掩护式及特殊情况下的水利枢纽布置55	
§8—1 掩护式水利枢纽布 置.....55	§8—2 特殊情况下的布置.....58
第九章 水利枢纽布置的文字说明与设计定额62	
§9—1 枢纽布置文字说明.....62	§9—3 劳动组织.....70
§9—2 枢纽布置一般工序 (作业小组).....70	§9—4 定额工时实录.....71
	§9—5 定额意见.....74
第十章 水利枢纽布置实例74	
§10—1 坝址地质概况.....74	§10—5 第二阶段水利枢纽 布置.....82
§10—2 比较坝轴线及比较 坝型的确定.....74	§10—6 第三阶段水利枢纽 布置.....92
§10—3 水利枢纽布置工作 过程.....76	§10—7 工作中发生的问题.....92
§10—4 第一阶段水利枢纽 布置.....77	§10—8 经验与体会.....95
参考资料98	

第一章 总 論

根据河川某种水利事业的要求,在河流某段兴建許多水工建筑物,形成一种或数种个别樞紐,这些个别樞紐的总称,叫作水利樞紐。由于河川的合理开发,必須配合国民經济各部門的統筹规划,故水利樞紐一般都綜合两种或两种以上的个别樞紐而成,如水力发电樞紐、航运及筏道樞紐、灌溉及給水樞紐、漁业樞紐、河川治理樞紐、等等;因水力发电是开发水利資源的最好方式,并且可以和其他任何樞紐配合,故水利樞紐又可称为水力樞紐。

水利樞紐按其型式来分,有高坝式与低坝式两种;高坝式水利樞紐多建筑于河道上游的山谷区,有較高的攔河坝、溢洪道、水力发电厂房、隧洞、及航运过坝建筑物等,建筑物多为岩石基础,地勢較狭窄,施工面較小;低坝式水利樞紐多建筑于河道下游的丘陵区或平原区,一般有較低的攔河坝或活动坝、灌溉渠首、船閘、低水头水力发电厂房、引水渠道等,建筑物多为土壤基础,地勢較广闊,施工面較大。在高坝式水利樞紐中,按水力发电型式来分,又有堤坝式、引水式、和混合式三种,除厂房位置距坝較远較近外,其他布置型式及考虑因素均大体相同,故可以合并討論。

水电站及其他水利工程,在技术經济調查报告(或流域规划),和初步設計两个設計阶段中,水工結構設計部分的主要工作內容是水利樞紐布置;其工作可分为两大部分:第一部分是設

計与繪图,包括估算建筑物的各部尺寸、繪制布置图,及計算工程数量等;第二部分是规划与研究,包括选择坝軸、坝型、决定各建筑物的型式及其相对位置等。第一部分工作比較具体,仅作为规划研究的参考依据;第二部分工作比較复杂,因其牽涉的范围較广,故其中变化因素較多,笔者將这些变素归納成以下两个方面:

(一)布置方式 主要有下列几項变动因素:

1. 坝軸或坝段 視各工程的具体情况,提出几种比較位置。

2. 坝型 有(1)重力坝、(2)土坝堆石坝及各种混合坝、(3)拱坝及重力拱坝、(4)支撑坝、四类。

3. 溢洪道位置 有(1)坝頂溢洪、(2)边渠溢洪、(3)隧洞或底孔泄洪、三类。

4. 厂房位置 有(1)厂房在坝后、(2)厂房在隧洞末尾、(3)厂房在地下、(4)厂房在坝內、(5)厂房在渠間、五类。

5. 航运过坝建筑物 有(1)位于坝上、(2)位于两岸、(3)距坝較远、三类。

例如在某工程第一坝段布置拱坝,溢洪道可能在坝頂,或在岸边开挖渠道,或以隧洞泄洪;厂房可以布置在坝后,或在隧洞末尾,或在地下;假定沒有航运过坝建筑物,則枢纽布置方案即有九种,再加上左岸、右岸、及其中組合采用时,則可能有几十种布置方式;当然,这可以在考虑下列若干条件时將它逐步淘汰,最后选择几种可能的方案来进行比較。

(二)考虑的条件 主要有

1. 地質 包括坝基地質条件、坝址附近的地質条件、及当地建筑材料等。

2. 地形 主要利用天然地形,結合地質条件,考虑如何节省

工程数量。

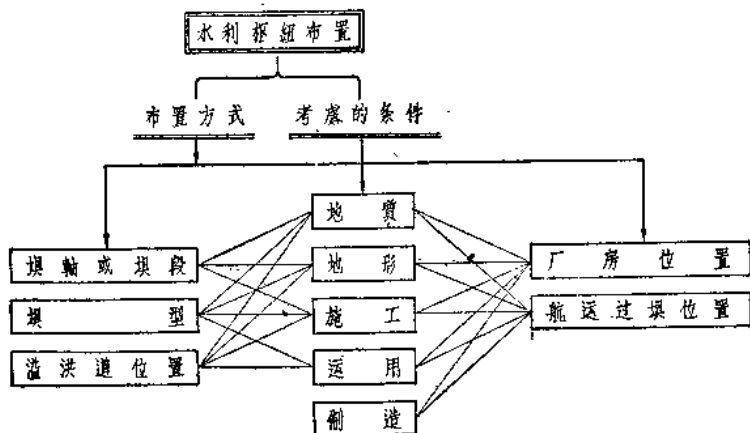
3. 施工 包括施工导流、施工場地及交通运输、施工方法、及施工期限等。

4. 运用 考虑各种建筑物运用的方便和安全，及檢修的可能性等。

5. 制造 考虑国内机电及金属結構的制造能力及其速度。

例如某工程第一坝段坝基岩石坚固，河谷很窄，可做拱坝；采用坝顶溢洪，單寬流量較小，运用上比較可靠；采用隧洞导流；如將厂房位于隧洞末尾，压力鋼管因压力太高，制造上有困难，只得采用地下厂房；又因国内机电制造条件的限制，不能采用大机组，故厂房較長。

上述各項变素中，在布置方式与考虑的条件之間亦相互联系，但如能就各工程的具体情况，分析其一般性和特殊性，淘汰一些不可能的方案，則比較范围即可縮小。各变素間的关系，可以下列图解說明：



水利枢纽布置工作是逐步由浅入深的,只有全面、客观地比较,才能选出最好的方案。

第二章 水利枢纽各建筑物的特点及 簡易估算方法

§ 2-1 引言 高坝式水利枢纽,包括拦河坝、进水结构、压力水道、泄洪及消能设备、厂房及变电站、航运过坝、灌溉给水及渔业等枢纽,上述前五项,是构成水力发电站的主要建筑物。航运过坝枢纽,除保证上下游船只能够安全过坝外,有时尚需从水库中取水,使下游河道维持一定的航运水深;包括船只、木材过坝建筑物,(如船闸、曳船道、举船机、驳道、架空索道、筏道及转运码头等)放水道及其进水结构等。灌溉给水枢纽的功用,在于按时从水库中取得足够的水,供应下游(有时供应上游)灌溉之用;包括放水道及其进水结构,如供给上游灌溉,则应有抽水站。渔业枢纽的功用,在于能够顺利地將鱼类导入上游水库,包括鱼闸或鱼道等建筑。河川治理枢纽,在高坝式水利枢纽中建筑物较少,只有排洪放水道或坝址附近的局部护岸工程。

§ 2-2 拦河坝 修筑拦河坝的目的,在使上游形成一个调节水库,用以抬高水位,它是水利枢纽的主体建筑物,一切其他建筑物的布置皆当和它密切配合。拦河坝的高度,决定于水库正常高水位及最高洪水位,水电站的水头,即为拦河坝上下游水位差。拦河坝的种类很多,一般选择是根据坝址地质地形、建筑材料、引水导流、施工情形、及水利枢纽布置等条件而定。高坝式

水利樞紐的攔河壩較高，工程投資約占土建投資的一半左右；一般採用重力壩、土壩、堆石壩、混合壩、拱壩或支撐壩等幾種壩型。

1. 重力壩 混凝土重力壩最適用於高壩，它具有結構簡單，易于施工和養護；及壩齡持久諸優點，重力壩按形狀分為溢流式、擋水式、壩內廠房式、溢流廠房式、泄水廠房式五種。（參見圖 2-1, 2-2, 2-3, 10-6 及 10-7 各圖）除壩內廠房式外，其餘四

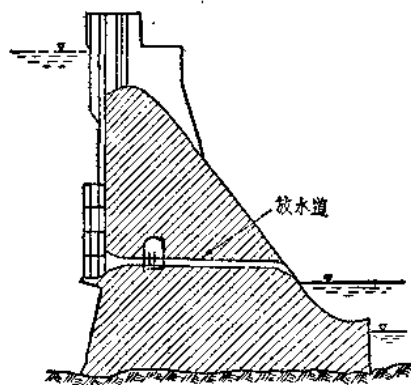


圖 2-1 混凝土重力壩溢流段

種壩的構造，基本上相同。在樞紐布置前，僅需考慮水壓力、土壓力、浮托力、地震力、冰壓力、壩身自重等主要荷載，並計算壩的抗滑穩定断面；壩基摩擦係數及壩址滲透壓力係數，可根據基礎地質資料選用。在壩軸壩型選擇時，計算數據及計算公式不求十分精確，但考慮問題應當周到。壩內廠房式壩的穩定計算，只需計算壩基一層穩定，至于空心部分，如合力超過三分點，或滑動係數不夠時，可用增加內部的鋼筋來解決。

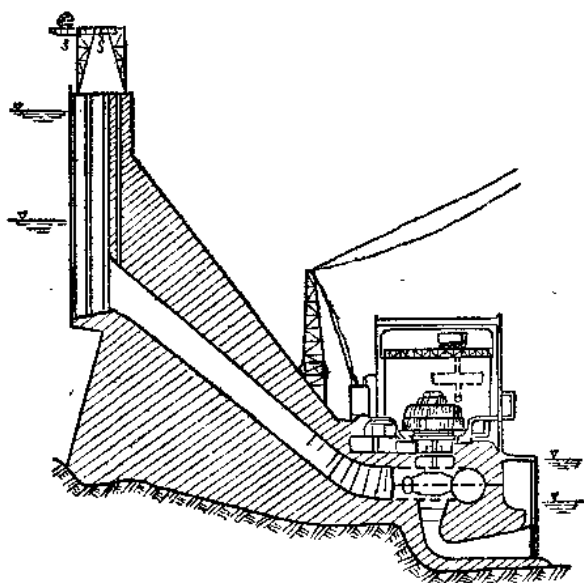


图 2-2 混凝土重力坝抽水段

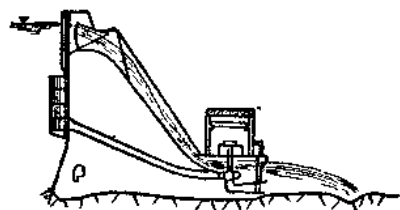


图 2-3 混凝土重力坝厂房泄水式

2. 土坝堆石坝及混合坝

这几种坝型的优点是易于就地取材，其对坝基的要求较低，经济而耐久等等，一般采用心墙土坝、斜墙土坝、斜墙堆石坝、心墙堆石坝、土石混合坝、及混凝土堆石混

合坝等六种(高坝)，可按当地建筑材料的供应条件来选择；如坝址附近土料较多，则做心墙土坝或斜墙土坝；如土料不多，则做土石混合坝；斜墙堆石坝需要石料虽少，但对岩石质量要求较高，上游坝面沉降漏水问题应当注意；心墙堆石坝(图 2-4)坝

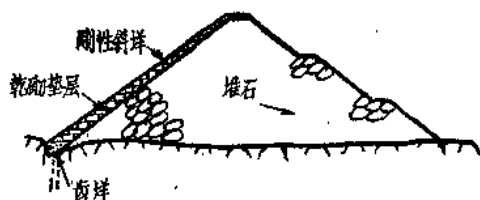


图 2-4 斜牆堆石坝

身沉陷漏水問題較小，但坝身体积較大；混凝土堆石混合坝图(2-5)沒有坝体沉陷漏水問題，但要耗費一定数量的水泥。坝的断面应作簡單的力学計算来确定。

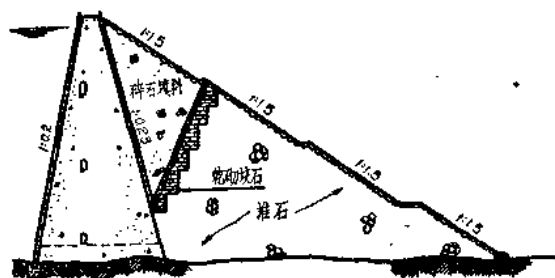


图 2-5 混凝土堆石混合坝

3. 拱坝及重力拱坝 拱坝是各坝型中工程量最省的一种，純拱坝的底寬仅为坝高的10~20%，重力拱坝的底寬亦較重力坝为小；拱坝及重力拱坝适用于V型峡谷，坝頂長度 L 不宜大于坝高 h 的3~3.5倍，根据最近工程設計經驗，河谷的寬高比可达1:6~7。坝基两岸的岩石必須堅固，坝址如能符合上述条件，即可放弃重力坝，支撐坝甚至其他坝型而采用拱坝。拱

坝按形状区别,有等半径、变半径、等中心角、变中心角等型;当 $L/h=1.0\sim 2.0$ 并在 V 型峡谷时,坝的悬臂作用很小,称为纯拱坝;如 $L/h>2.0\sim 3.5$,悬臂作用较大,称为重力拱坝。拱坝断面计算较繁,选择坝轴坝型时,应根据地形、坝高参考同等类型资料设计。拱坝坝顶溢流是拱坝布置的新趋向,但单宽流量不宜过大。坝内开洞使坝内应力复杂化,枢纽布置时应尽量避免。

4. 支撑坝 支撑坝是一种比较新进的坝型,因各部材料均能充分利用,故工程量较小,但对坝基地质及施工技术要求都高,坝顶溢流性能较差。高型的支撑坝一般采用连拱坝、平板坝、及空心重力坝(即大头坝)三种,图(2-6)(2-7)(2-8)。连拱

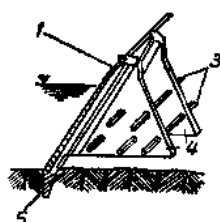


图 2-6 平板坝

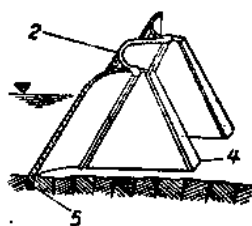


图 2-7 连拱坝



图 2-8 大头坝

1. 平板 2. 连拱 3. 横向水平梁 4. 支撑墙 5. 齿墙

坝为许多挡水拱及支撑所组成,上游坝坡较平, (1:0.9 左右) 可借水重增加坝身的稳定,因支撑间距最大,材料最省,抵抗地震的性能较佳。平板坝以平板挡水,上游坝坡较陡, (1:0.3 左右) 因平板间支于支撑,抵抗温度变化的性能较好,即使在极严寒的地区,亦可采用。空心重力坝上游挡水部分体积较大,施工较上述两种支撑坝简便,坝身体积较重力坝为小,因散热较快,故混

凝土質量較高，施工條件及對地基的要求與重力壩相近；壩體不用鋼筋或僅少量鋼筋，故造價比較便宜。

支撐壩的斷面設計比較複雜，水利樞紐布置時，應參考其他工程設計。

§ 2-3 進水結構 包括壓力水道的進口攔污柵、門框、門墩、擋水牆、平台等，當河水含沙量大於 0.5 公斤/立方公尺時，尚需增加沖沙設備。進水結構按功用來分，有發電、灌溉、給水、航運、泄洪、沖沙等六種；後三種進水結構，僅要求閘門及启閉設備，毋需攔污柵。水力發電進口中心高程應低於枯水位以下 H 公尺，以防空氣及冰塊進入壓力水道，其中 H 為進口高度的 0.8 倍，為了減少閘門的造價，進口段只沿上下方向擴展，左右方向則縮小 80~90%，並使閘門高寬比不小於 2，進口面積應按下式計算

$$A = \frac{D^2 \times 0.785}{0.7 \times \cos \theta} \dots \dots \dots (1)$$

其中 D 為壓力水道的直徑， θ 為壓力水道與壩面垂直線的交角。

攔污柵的布置，應使清污、修理及冰的處理均較方便，最好有一定的坡度。水力發電的攔污柵柵距，不能大於輪葉的間隙或沖擊式渦輪的噴嘴，一般約為 3~10 公分；入柵流速為 0.5~1.0 公尺/秒，個別達到 2.5 公尺/秒，一般採用 1 公尺/秒。攔污柵的面積，可按最大水輪機用水量和設計入柵流速求得，柵條斷面建議按水頭差 2~4 公尺設計。

進水結構的型式有直井式、斜坡式、壓力牆式、塔式及壩前式等種，如圖(2-9)(2-10)(2-11)(2-12)(2-13)。直井式多適用於隧洞進水口，當附近地形較高和石質較好，開挖直井不致坍塌

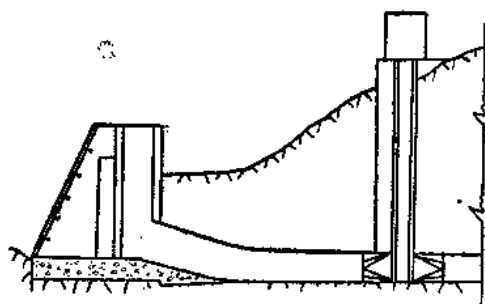


图 2-9 直井式进水口

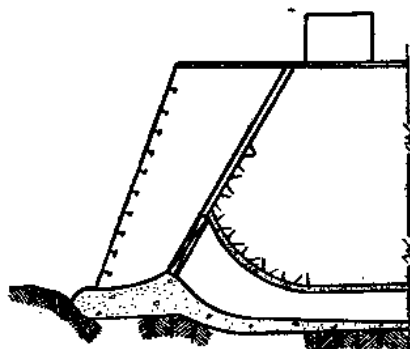


图 2-10 斜坡式进水口

較貴。塔式进水口适用于土坝坝内管道引水，或当隧洞进口附近山坡較陡，并引水流量較大时；該式多采用圓筒閘門，閘門造价較小，因結構四面对称，故塔身可以做得很高，但进水时容易发生震动，設

时方能采用；該式的优点是結構簡單，維持費用較小，工作人員并可从閘室下去檢修隧洞。斜坡式进水口，适用于石質較差的隧洞进口，該式造价

便宜，但不能檢修隧洞。压力牆式进水口适用于岩层較高且有陡坡的洞口，亦能由頂部下去檢修隧洞，此式外表美观，但造价

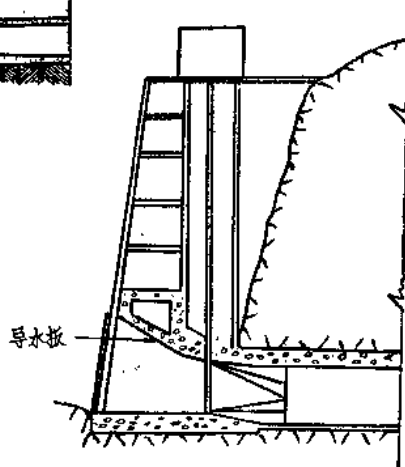


图 2-11 压力牆式进水口

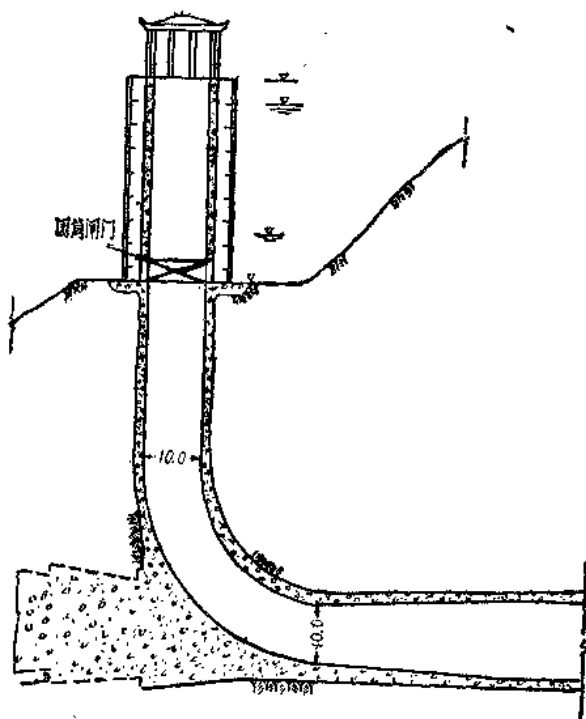


圖 2-12 塔式進水口

計比較複雜，一般採用較少。壩前式進水口位於重力壩或支撐壩的上游面，閘門啟閉及攔污柵清污工作均在壩頂操縱，一般採用直立半圓拱的支承結構，各部尺寸，詳見圖(2-13)，其中

$$h_1 = [(1.21 \lg^2 \theta + 0.085)^{\frac{1}{2}} + 0.5 \sec \theta - 1.1 \tan \theta] \cdot D \quad (2)$$

$$h_2 = (0.79 \sec \theta + 0.077 \tan \theta) \cdot D \quad (3)$$

此式結構簡單，操縱方便，造價亦最小，故無論壩內鋼管引水或隧洞引水，應尽可能使進口放在壩的上游面。