

小型水庫定型設計

(初 稿)

湖北省水利厅編

水利电力出版社

PDG

目 录

序 言.....	(3)
前 言.....	(4)
第一章 勘 测.....	(5)
§1. 庫址選擇.....	(5)
§2. 水庫地質.....	(6)
§3. 水文資料.....	(8)
§4. 地形測量.....	(9)
§5. 灌区調查.....	(9)
§6. 材料工价及交通運輸.....	(10)
第二章 水庫规划.....	(10)
§1. 湖北省小型水庫水文水利計算方法.....	(11)
§2. 水文水利計算中有關問題的說明.....	(32)
第三章 水庫設計.....	(47)
§1. 土壤設計.....	(47)
§2. 溢洪道設計.....	(56)
§3. 放水輸水設備設計.....	(65)
§4. 杠杆式圓盤閘門設計.....	(104)
§5. 如何使用定型設計圖表.....	(106)
第四章 施 工.....	(109)
§1. 施工組織設計.....	(109)
§2. 做好开工前的准备工作.....	(109)
§3. 掌握工程質量.....	(109)
第五章 管理养护.....	(110)
§1. 做好水庫的竣工檢查工作.....	(110)
§2. 建立管养机构.....	(111)
§3. 工程的管理养护.....	(111)
附小型水庫水文水利計算图	
湖北省多年平均年雨量等值图.....	水文19—1
湖北省年雨量 C_v 等值图.....	水文19—2
湖北省多年平均年徑流深等值图.....	水文19—3
湖北省年徑流 C_v 等值图.....	水文19—4
湖北省 (保証率50%) 年徑流深等值图.....	水文19—5
湖北省 (保証率75%) 年徑流深等值图.....	水文19—6
湖北省各站旱年降雨量統計表.....	水文19—7
水稻需水量关系曲綫.....	水文19—8
湖北省暴雨参数 A 值等值图.....	水文19—9
湖北省暴雨参数 B 值等值图.....	水文19—10
設計暴雨参数.....	水文19—11
設計暴雨参数.....	水文19—12
溢洪道寬度, 承雨面积和溢洪水深关系曲綫.....	水文19—13

流域特性系数 Φ_1 曲线	水文19—14
設計洪峰流量 Q 曲线	水文19—15
流域特性系数 Φ 曲线	水文19—16
設計洪峰流量 Q 曲线	水文19—17
設計洪峰流量 Q 曲线	水文19—18
波浪高度 h_0 曲线	水文19—19

附小型水庫定型設計图

均匀土質壩設計图	水工—01
心牆土壩設計图	水工—02
土壩护坡止水排水設計图	水工—03
土壩結構尺寸与材料数量表	水工—04
宽浅式溢洪道設計图	水工—05
宽浅式溢洪道計算图表	水工—06
测流式溢洪道設計图表	水工—07
无压輸水涵管設計图	水工—08
涵管泄水能力与圬工部分結構尺寸表	水工—09
圬工涵管材料数量表	水工—10
楔形閘門总体布置和輸水管接头图混凝土和鋼筋混凝土設計图	水工—11
混凝土和鋼筋混凝土閘管图	水工—12
杠杆式轉动閘門进口設計图(压力流)	水工—13
杠杆式圓盤轉动閘門(无压力流)进口設計图	水工—14
杠杆式圓盤轉动閘門进口尺寸及材料表梁式木紋盤自閉設備图	水工—15
进水塔式和楔形閘門式进口部分設計图与圓盤轉动閘門进口欄污欄图	水工—16
出口消力池結構图	水工—17
出口消力池結構尺寸及材料数量表	水工—18
圬工分級臥管及消力池結構設計图	水工—19
圬工分級放水臥管及消力池水力計算表	水工—20
圬工分級放水臥管及消力池結構尺寸計算图表	水工—21
瓦管制斜臥管及消力池結構設計图	水工—22
預制(或机制)斜臥管及消力池結構設計图	水工—23
瓦管及預制(机制)斜臥管及消力池結構尺寸表	水工—24
鋼筋混凝土斜管及水箱設計图(包括斜管鋼筋布置图)	水工—25
鋼筋混凝土水箱鋼筋布置图	水工—26
斜管及水箱結構尺寸及鋼筋表	水工—27
鋼筋混凝土圓形进水塔布置图	水工—28
鋼筋混凝土圓形进水塔鋼筋布置图	水工—29
鋼筋混凝土圓形进水塔塔頂布置及結構尺寸材料計算图表	水工—30

附：水利部北京勘测設計院小型水庫泄水閘門定型設計图表

杠杆式圓盤閘門初步設計

- 总布置图
- 閘門图(一)
- 閘門图(二)
- 自閉机图

序 言

这部小型水庫定型設計在出版之前曾經湖北省各專、县采用过。只要設計时結合当地具体情况，施工中認真掌握質量，蓄水就不致发生問題。但水庫的安全、效用和經濟的合理性不仅决定于建筑物形式的合理、各項計算的正确，还决定于当地自然資料与社会經濟資料的精确，施工質量、管理、养护与运用的技术水平。沒有精确資料就不可能有正确合理的設計；施工質量掌握不严就不可能实现設計的意图；运用的不恰当，就不可能發揮水庫的設計效益；沒有很好的管理、养护就会影响水庫的寿命和安全。因此，定型設計只能作为設計的参考，不能把水庫的安全、效用和經濟合理性全部寄托在設計上，更不能寄托在定型設計上。

水庫是消灭水旱灾害最有效、最彻底的一种工程形式。即使是灌溉單一目标的水庫，也能起灌溉、攔洪、減輕漬灾的綜合效用。但水庫的建筑需要較大的人力、物力和財力。在特定情况下兴修水利应否采取水庫的形式須慎重考虑。在飞跃发展的农田水利运动中，水庫方案須与攔河引水方案或无壩引水方案作比較。水量充足而地形許可的河段上引水方案比水庫費工少，收效快。

在同一流域內，上下游水庫和各支流水庫的任务必須統一安排。在同一个庫址，庫容大小須滿足目前需要，也須照顧將來发展。作一个水庫設計的时候，眼光不能局限在这一个水庫上，也不能專顧目前利益，必須眼光四射，顧后瞻前。因此，水庫設計須在流域规划的指导下进行。

水文水利計算是水庫設計中一个根本步驟，它不仅关系水庫的造价和經濟效益，更重要的是它关系到水庫的安全，关系到下游居民生命財產的安全。来水量的大小不应單从書本上找公式套算，必須以当地水文資料作依据。在沒有水文資料的地区也須用周圍鄰近地区的水文資料按相关法求出本区可能产生的各种徑流。

在山区和丘陵區，灌区內的局部徑流可以攔截利用；原有塘堰和灌溉、排水渠道系統可以改造利用。旧有农田水利設施是农业上的宝貴遺產，不可輕易放弃。这些因素不仅在灌溉系統設計中应予考虑，在水庫的設計中也要考虑。

土壤发生裂縫，浸漏，坍塌，局部沉墊等現象常在蓄水一年至几年以后。目前我們用人力施工，即使質量掌握严格，也难免局部达不到設計要求。因此在設計时不宜冒然降低安全系数，施工时不允許在質量上打折扣，完工后必須整理外形使它符合于設計尺寸，并繪制竣工图，以便在蓄水后随时觀測，檢查有沒有变形及开裂。

这部定型設計虽然是在若干次实践以后編制的，也曾經过实践的考驗。但随着水利科学的发展，实践經驗的积累以及施工条件的改变，我們对这些建筑物的認識將逐步深入提高。希望运用者在发现問題时，在經過实践考驗后及时把情况通知原設計單位，以便参考进行补充、修正，乃至必要时进行改編。

陶述曾于湖北省水利厅

1958.2.9.

前 言

1956年春季，水利部指定我省会同湖南、江西、四川、云南、贵州、广西等省水利厅（局）共同派員編制小型水庫定型設計，以期解决农业合作化高潮以后，在农田水利战线上，設計的技术工作赶不上客观形势的矛盾，我們已于1956年秋季完成了初步設計。中水部就我們提出的初步設計于9月間在北京召开了审查會議，湖南、江西、四川、云南、贵州、广西以及浙江各省均派代表参加了这次會議。11月中水部以<56>水設管字第3675号文及<56>第3004号批准書批准了初步設計，此外，并提了意見，其主要內容为：

一、小型水庫定型設計，应以專、县干部为服务对象，因此在內容上必須是簡單易懂。

二、小型水庫設計标准，是根据建筑物所在地的具体条件和工程的重要性而定，一般可按四級建筑物設計标准設計，如壩高在15公尺，灌溉面积在10,000亩以上，或因水庫下游城乡居民密度較大，根据具体情况可按三級建筑物标准設計。

三、有关土壩及輸水建筑物应注意多种多样，就地取材。

四、水文分析及水利計算問題，因各省地理条件和气候条件不同，須由各省或鄰近各省分別办理。

根据上述原則，我們在1957年上半年編制了技术設計，仍会同中南、西南各省共同編制。本定型設計（初稿）已經水利部以<58>水設技張字第152号文批准，可做为設計小型水庫参考之用，由于各地情况不同，在參用此項設計时，应結合当时当地的具体情况，不可生搬硬套。

为了使內容簡單化，使羣众容易掌握，水庫的规划設計是以灌溉为主的，不考虑防洪、发电等，綜合利用的問題（当然有条件或有必要时可个别考虑）。

設計范围：承雨面积为1~100平方公里，壩高5~20公尺，灌溉田亩5万亩以下。

根据各省同志在初步設計审查會議时的意見，認為目前缺乏水文資料，同时一般小水庫仅能应用較簡單的方法分析洪水，在定型設計中考虑的承雨面积以不超过30平方公里为宜，最后仍依照部里的决定以100平方公里为范围。

土壩的壩型，目前各地最习用均匀土質壩及粘土心牆壩，現在本設計中即以此二壩型为准。

放水輸水设备的設計，考虑到各地条件的不同，本着就地取材的原則，介紹了圪工、瓦管、磚管、混凝土管以及鋼筋混凝土管等，在形式上則有箱形，圓形，拱形等，在操作开关上分为分級臥管式，进水塔式，圓盤轉動閘門式，壩后楔形閘門式等，汉口中南水泥制管厂有各种規格的水泥管（包括有筋的与无筋的），直徑由7.5~135公分，直徑在30公分以下的水泥管用于15公尺以下的壩高，湖北已有使用成功的經驗。交通方便的地方可以大量采用，近来各地也有制管厂，也可大量采用。

溢洪道除了介紹常用的寬淺式一種外，考慮到地形、地質的特點，有時在壩端開挖側流堰式的溢洪道反而經濟，故在本設計中介紹了寬淺式和側流堰式兩種溢洪道，在計算溢洪道断面時，考慮到目前水文資料的缺乏，精度不高，可靠性較差，同時，為了滿足頻率較高的洪峯及連續洪峯仍能安全通過，一般不考慮滯洪的作用，但條件許可仍可作調洪演算，以減低造價。

洪水分析問題，是以長委會一日暴雨資料化為短歷時的暴雨，現在湖北省分析了各地區的 A、B 等值綫圖，據一些比較數字，用作短歷時暴雨可能偏大了一些，但沒有更可靠的資料，只有暫時使用，待具備了較多的資料後再行修正。

關於灌溉用水的計算，分為抗旱天數法與灌溉制度法兩種，抗旱天數法因沒有考慮降雨、植物生長階段的特性，以及水文地質、氣候條件、耕作技術等影響，是不夠科學的；是落後於灌溉制度法的。但目前各地缺乏灌溉試驗資料，特別是缺乏適合於我國水稻灌溉的長期試驗資料，灌溉制度法在設計中僅能作典型示例，供各地參考。

消能水箱的模型試驗是委託長江水利委員會科學研究院進行的，成果尚未送來，現為了趕上水利建設高潮，先就原設計刊出，與之有關的消能水箱待其成果送來後再行補充及修正。

配合本定型設計圖用的閘門，是由水利部北京勘测設計院設計，現已完成杠杆式圓盤轉動閘門，其圖表及設計書均已附於本定型設計中。直升式閘門的設計正在修改，本次刊印暫未列入，留待以後補充。

在編制設計之前，沒有作好廣泛的參觀搜集資料，以及總結各省各縣成功的經驗工作，在力量上參加編制工作的同志少，設計與施工經驗均不多，同時工作量很大，故文件中的內容還是很貧乏的，遺漏必然不少，各地參用本定型設計（初稿）過程中，請將發現問題及意見隨時通知水利部勘测設計局及湖北省水利廳勘测設計院，以便修正。

第一章 勘 測

水庫勘測是修建水庫工程的頭一項工作，其目的是為設計收集資料，我們希望在工程中貫徹好、快、省的原則，在修建工程之前，必須研究水庫的工程條件和經濟條件，方可確定工程的價值。下面準備分為壩址選擇、水庫地質、水文資料、地形測量、灌區調查、工程材料與交通等六項加以說明。

§1 庫址選擇

庫址選擇的原則是既經濟又安全，為了達到這個目的，須注意下列幾點：

一、谷口要狹小，但谷里面肚子要大。谷口小的目的是為了筑壩較短，土方數量便小了，就可省工省料，肚子要大是指庫內地形寬廣，河流縱坡平緩，即使筑壩不太高，也能裝很多水，灌田多效益大。

二、水源要豐富，最好有小溪流，經常有水流出的地方，但一般水源，均靠降雨而

来, 根据中南西南各省經驗, 集水面积等于灌溉面积的一倍到兩倍是較合适的, 集雨面积过小, 則水源不足, 过大則洪峯高, 洪量大, 工程不够安全或溢洪道工程开挖量大, 很不經濟, 水庫上游宜長滿草木, 因光秃的山嶺, 易受雨水冲刷, 水庫容易淤淀。

三、壩址地質要良好, 基础要稳固, 不会发生陷落的現象, 山谷和山坡不漏水, 如有裂縫, 也要比較容易填補的。

四、庫址距离灌区要近, 且地形比灌区高, 这样可完全自流灌溉, 引水渠道較短, 工程小, 渠道滲漏損失也小。

五、要有天然溢洪道的山壩, 溢洪道是保証工程安全的建筑, 根据各个水庫洪水的不同而需开挖一定宽度的溢洪道, 要选择壩址上游附近有較低的山壩, 最好較工作水面高出一至二公尺, 而且是坚硬的岩石既可靠又省工。

六、庫址附近要有足够的優質的工程材料, 小型水庫的攔水壩大部用土壩, 故土料調查必須詳尽进行, 其次石料、木料、石灰、黃沙等的产地均不远, 数量充足、質量良好、运输条件优良等。

七、淹沒損失要少, 包括水庫淹沒区的房屋城鎮、人口、田亩数量、交通綫路、工业原料或工业基地等。

§2 水庫地質

小型水庫的地質勘察工作是勘测工作中的一个重要部分, 地質条件不好, 便可能引起攔水壩的崩陷和发生裂縫, 水庫基岩的透水性大則使水庫漏水, 水庫岸坡不稳, 发生滑坡及坍塌均能造成失事。

一、地层 地层是組成地壳的表层, 可分为岩石层和掩盖层, 岩石层是坚硬的岩石, 分为火成岩、沉积岩和变质岩三大类, 掩盖层是表面疏松的卵石、砂、土壤等。

(1) 火成岩类: 最常見的有花崗岩, 花崗岩是由石英、長石、云母等結晶体組成, 岩性坚硬, 抗压强度大, 宜于作基础和建筑材料, 但花崗岩区常有风化現象, 筑壩时須將风化层除去把壩基放在新鮮基岩上。

(2) 沉积岩类: 最常見的有頁岩、砂岩、礫岩、石灰岩, 頁岩为土質組成, 岩性較軟, 成薄层狀, 岩层平整, 层次显明, 岩石致密, 透水性微弱。砂岩礫岩为細砂粗砂卵石質組成, 多石英質成分, 岩性坚硬, 一般具有孔隙, 呈层狀, 砂岩之硬度視其中膠結物質而异, 一般宜于作基础。石灰岩为碳酸鈣組成之岩石, 多呈灰色, 岩性坚硬, 能与砂岩相比, 但石灰岩有可溶性, 能被水溶解成为裂隙洞穴, 尤其是层厚質純具有节理的更利于造成溶洞, 因此具有溶洞的石灰岩不宜于作为基础, 但可作建筑材料。

(3) 变质岩类: 最常見的有云母片岩、綠泥片岩、石英片岩, 云母片岩是云母和石英組合而成, 片理清楚, 易裂成薄片, 宜于作基础但不宜做建筑材料。千枚岩是粘土質的云母片岩, 成薄片狀, 岩質很致密, 一般不透水, 而多数是节理发育, 表面易于风化, 可作土壩基础, 但不宜于作石料。綠泥片岩, 是由綠泥面的鱗片及頁片組成, 呈綠色, 岩性較軟, 易风化, 易断裂, 新鮮者可作壩基, 不宜作建筑材料。石英片岩是由石英沙岩变质而成, 岩性致密坚硬, 不易风化, 宜于作壩基和块石材料。

(4) 掩盖层: 最常見的有粘土、紅土、堆積土、冲积土, 粘土或紅土层, 是一种塑性

土，粘質含量較多，呈網紋狀或厚層狀，干燥狀態下孔隙度為40~55%，其堅實性隨着濕度的增加而下降，透水性小，可作為小型土壩基礎，又為土壩之良好填料。堆積土分為坡積與殘積兩種，坡積土是一種粘土含有岩屑及各種雜質的疏松土質，是由山坡上的風化產物，崩塌堆積在山麓或緩坡的大小不一的雜亂的土石層。殘積土就是風化土，由本處的基岩風化而成，殘存在母岩之上，是一種沒有搬運過的原生土，堆積土空隙很大，透水性很大，軟硬不一，穩定性很差故不宜於作壩基，如果有堆積在壩的兩岸坡上也須清除。沖積土包括卵石，沙，沖積土等，是由河水搬運而來的最新的大陸沉積，一般是沒有粘性或粘性很少的疏松地層，除少數細粒可壓密之外，都是不可壓縮的，一般透水性很強。其他特殊的土層包括淤泥、泥炭、流沙及人工填土等，這些土層具有各種不固定的物理力學性質，在每一種情況下都需要分別研究，不可與粘土或砂土混為一談。

總之，在作地質查勘時，首先應該把岩層分別清楚，這樣，就能夠推斷承載力和透水性上的問題；同時，建築材料的土、石、砂、卵石等問題也就可以解決了。

二、地質構造 一般水庫和壩址的地層，不是單一的，而是各種軟硬不同的，或各種透水性不同的地層互相重迭的，又各種岩石的層理縫和節理裂隙發育程度也是不相同的。地殼自凝固以後，還是常常變動的，使岩層有升降傾斜的變化，這種情況叫做地質構造。傾斜岩石的空間位置，可由走向、傾向及傾角等產狀要素來決定。岩層層面與水平面交綫的方向叫做走向，在岩層層面上和走向綫成 90° 的垂直綫的方向叫做傾向，岩層面與水平面間的交角叫做傾角，每一個地層的變動情況可由岩石的露頭上的產狀反映出來，地質構造的形式很多，但基本上可分為下列兩種：

(1) 岩石的完整性沒有破壞的變動，當岩層不成水平狀態，而都是向某方向傾斜時，稱為單斜構造，當水平岩層從兩旁受到側壓力時，則岩層被擠形成彎曲，叫做折皺，向上凸出的折皺叫做背斜，反之，則叫向斜，兩側叫做翼，背斜的頂部叫做鞍，向斜的低部叫做折曲，在一個折皺構造內，背斜的鞍部所受的張力很大，因此形成張開的節理裂隙，向斜的折曲部受擠壓力最大，岩石多被壓碎，地下水易于蓄藏或透過，這都是構造上最薄弱的地點，只有兩翼的岩層所受的力最輕，故岩層較整齊堅硬，在單斜構造當中，和折皺的兩翼正好相似，所以岩層也比較良好，故我們選擇壩址時，最好是放在背斜或向斜的兩翼和單斜構造上。

(2) 岩石的完整性破壞的變動，岩石在水平或垂直方向沿着裂隙發生移動，叫做斷層，斷層的種類很多，情況複雜，我們要注意的是斷層構造，因為斷層裂縫中間，可能在相當距離內是空的，也可能是重新被別的物質充填，也可能是兩盤破碎的岩石或風化物所填充，斷層常是地下水的通道，而且沿着斷層可能還有新的移動，所以建築物放在斷層上一般說是不允許的。

三、地下水的調查及其對地質的作用

(1) 地下水：地下水的調查，是從調查含水地層着手，先將地層中的岩性分別出那些是含水地層，那些是隔水層，一般講來，石灰岩層，節理裂隙發育的致密岩層，松砂岩層，砂卵石層，堆積土層、沖積土層等都可能是含水地層，但變質岩層，新鮮火成岩層，頁岩層，粘土層等，都是隔水地層。如有地質構造圖，可以看得出調查區的地下

水分布情况。地下水露头的調查是特別重要的，例如泉水、水井、道路兩旁的切土处，陡坎脚上，河谷溪溝等，或布置一些人工試井。調查地下水露头时要記載位置，高程，并須分別它从那个地层中流出来的，了解它的干枯和盛漲情形，水质是透明的，还是混濁的，以及顏色，嗅味，水温等，將很多的地下水露头綜合起来，可以繪制地下水等高綫图，根据这些資料，可以获得地下水的来源、坡降、流向、流量、分布及补給或漏水情况，就可以作为解决工程問題的根据。

(2)地下水的化学作用：主要是溶解作用，形成喀斯特地形。大气降雨吸收空气中的二氧化碳（具有侵蝕性的）成为碳酸，碳酸与石灰岩作用，形成碳酸氢鈣溶液，所以地下水与石灰岩接触时，能进行溶解，使岩石形成溝狀的多洞穴的特点。溶解作用使岩石中的裂隙扩展得很快，形成了很多的洞称为溶洞。所以在喀斯特地区建設各种水工建筑物，需要特別小心和詳細地进行地質勘察，因为喀斯特的溶洞是不容易找出它的規律的。地下水可能繞着建筑物基底以下或各方向在岩层内部漏失，还可能遇到溶洞和涌量很大的地下水，或者把基础放在溶洞的薄的頂板上，而下面是空的，就有可能碰到忽然塌陷而造成失事。

(3)地下水的机械作用：地下水运动的速度很慢，它不能作出象河流洪水冲刷搬运等那样的破坏作用，但是在粘結性的疏松土层中，当地下水入侵时，土壤的物理力学性質发生变化，摩擦力和粘聚力減小了，使原来的稳定状态失却平衡，往往产生滑坡和崩塌等現象。造成滑坡的主要因素是地下水，在斜坡地区如果地下水的自由露头，被坡积层或冲积层阻塞时，特別危險。因此研究地質構造时必须把岩层的层面，重要的节理面和裂縫面等的走向，傾向，傾斜角和河流方向的关系研究清楚，这些構造面是否夾有粘土質薄层。研究滑坡的同时，还要估計到将来兴修的土壩是否有滑动的可能性，在土壩施工中，切忌对于壩端岩基內之地下水不加处理或草率填塞，应当采取可靠的堵塞措施，或截住来源，或用管子导出。

四、簡單的勘探工作：在作好地質調查的同时，还必须輔以勘探工作，以补調查之不足，勘探的目的是了解基础岩石的高程，掩盖层的厚度和地下水的高程，此外，还能提供各处基岩的分布、性質和掩盖层的岩性等，这些都是設計的必須資料，勘探工作分为山地工作和鑽探工作两种：

(1)山地工作分淺坑、探槽、淺井和試井等，可以調查地层之分布，确定岩层分界綫，地下水高程，有助于地层和構造的研究。这些山地工作一般布置在壩軸綫和涵管基础綫上，如果掩盖层比較厚，基岩露头很少，勘探就更为重要。淺井原则上均須挖透掩盖层，直到坚实的基岩为止，同时記載地下水位和地层的土石質变化情况，制出地質图。

(2)鑽探，地質鑽探是为了取得較深层的基岩情况以鑽探机进行，在小水庫中目前頗少采用，但有条件者可以进行鑽探，鑽探的技术問題可另閱專著。

§3 水文資料

水文資料是水庫工程规划与設計的主要資料之一，灌溉設計、用水量計算、庫容的決定、壩高的決定、溢洪道設計，都是根据当地水文資料分析后決定的。在小水庫的設計中主要的資料是降雨量、蒸发量、洪水調查等資料。

(1) 雨量：一般雨量資料系指年雨量，月雨量，一日暴雨量，短期暴雨量等，記錄時間愈長愈好，作成頻率供設計水庫之用，年雨量與月雨量是為計算水庫的來水量，和設計灌溉制度等用的。暴雨是為了計算洪水峯與洪水量供設計溢洪道用的。

(2) 蒸發量：蒸發量的作用，是作為計算水庫蒸發與田間蒸發損失之用。

(3) 洪水調查：洪水資料，在山溪河流不可能獲得實測流量資料，只有依靠洪水痕迹調查，了解歷史上所有的洪水痕迹，並了解各次暴雨形成的洪水，山洪到達壩址的時間，洪峯上漲與退落的時間等。再根據山坡坡度、山坡長度、主流坡度、主流長度、河岸坡率、土壤特性、河床糙率等要素，加以驗算分析，可以求出設計洪水量作為設計溢洪道的資料。

§4 地形測量

地形測量是計算水庫蓄水量、以及設計土壩、溢洪道、輸水管、灌區設計等的依據。

(1) 承雨面積測量：水庫的承雨面積是環繞這個山谷的周圍山嶺分水界綫所包括的面積，在這個範圍內的降雨造成的徑流均能集中到水庫里，承雨面積測量得準確，則水庫內可能蓄積的水量和庫內可能產生的洪水，才能正確地估計。

測量方法，可就原有地形圖，鈎出分水綫後，經過實地查對，然後用求積儀求出其面積；如無地形圖，可用平板儀、經緯儀沿分水嶺進行測繪，繪出一條閉合的曲綫，然後用求積儀求其面積，如無求積儀，可分割成若干個幾何圖形然後計算累加起來。

(2) 庫區地形測量：庫區測量的目的是要求出水庫蓄水量和庫內淹沒損失，一般是用經緯儀和水平儀施測。測量時先用經緯儀視距法測導綫，經過調整差誤後再行施測地形。缺乏經緯儀時，很小的水庫可用小平板儀代替經緯儀測量，或用手水準和皮尺測幾個斷面，亦可概略地繪出地形圖，其法為沿壩軸綫的垂綫測一縱斷面，選擇地形變化處分別測量一些橫斷面，然後繪制地形圖。庫區地形圖的施測範圍，要測至擬定壩高 5 公尺以上，比例尺一般用 $\frac{1}{5,000} \sim \frac{1}{10,000}$ ，等高綫距 0.5~1.0 公尺，在地形圖上標出水田、旱地、山林、村莊、交通綫路、工礦企業等，以便計算淹沒損失；在沒有儀器的情況下，也可用調查法解決。

(3) 樞紐地形測量，樞紐地形是為了正確地設計水庫樞紐各項建築物的結構和估計工程數量；施測範圍包括壩身、溢洪道以及輸水管等的位置，比例尺一般用 $\frac{1}{500} \sim \frac{1}{1,000}$ ，除地形圖以外，還要測出壩軸綫，溢洪道和涵管綫的縱橫斷面和挖探土石分界綫，以便計算工程數量。

§5 灌區調查

興修水庫必須具有一定面積的灌溉田畝，位置與水庫距離不太遠，且較水庫稍低為宜。灌區調查要確定灌溉範圍與田畝數字，水田與旱地各多少，土壤種類與滲漏情況，作物耕種技術，灌水次數與灌水方法，用水時期，農業勞動模範豐產經驗，用水經驗，

农业生产合作社用水經驗，过去水旱灾情，現有單位面积产量，灌溉与不灌溉产量的差别，其次，在灌区范围内尚須調查原有塘堰及其他灌溉工程的抗旱能力等，这些資料都是为了設計灌溉制度、估計工程效益、水庫容积和渠道設計所必須的。

§6 材料工价及交通運輸

材料、工价以及材料運輸的条件是确定工程费用的主要因素：

(1) 調查石料(包括条石、块石)、磚料、白灰、洋灰、鋼筋、木料、砂子、預制管等的产地，数量、質量、運輸路程、運輸費用，運輸方法等。

(2) 当地技工包括石工、木工、混凝土工等以及普通工的人数及工价的調查。

(3) 土料調查，因一般小水庫之攔水壩，除特別情况外，均以土壩为便宜，可以就地取材，施工亦較容易，土料調查包括土壤特性、数量以及土場与壩址之距离，土壤特性在較大工程中，必須通过試驗然后取得土壩設計的数据；但在小型水庫中，往往缺乏土壤試驗的設備，現仅就野外鉴定土壤的簡便方法列表如下：

表1 野外确定土壤的方法

土壤类别	用手触时的感觉	目測及用放大镜观测	土 壤 状 态			其他特征
			干燥时	湿润时	潮湿时以手搓捻	
粘土	手触潮湿土壤时感觉不到砂的成分，用力能压成块状	看不見砂	非常硬的块状，不易击成粉末	粘性的塑性层	搓捻时成長而細的条(1.5公厘)	干燥时有光的痕迹
重及輕壤土	手触时感觉有少量砂，易压成块	重壤土砂少，輕壤土砂多	用錘能打碎	可塑性及粘性弱	能搓成粗而短的条	干燥时发光
粉狀壤土	手触时感觉有少量砂，类似于粉易压成块	砂少，看得出細的粉粒	能打碎	可塑性及粘性弱	不能搓成長条，易破	干燥时发光
沙壤土	沙粒很多，不用力即能压成块	砂多于粘土	易成粉末	不是塑性	不能搓成条	—
砂	感觉不到有粘土成分，飞散的土壤	只能看見砂	无凝聚性	不是塑性	不能搓成条	—

第二章 水庫规划

水庫规划的主要内容是在工程区域内对水文水利作充分的分析計算，以选择达到兴利除害的最经济而安全的方案，其中来水与用水計算，洪水分析，均受地区性的限制，按水利部的指示，小水庫的水文水利計算部分应以分省进行为原则，我省根据这个指示，已单独作了湖北省小型水庫水文水利計算参考資料，在其中分为三类情况，第一类承雨面积 $F < 3.0$ 平方公里，灌田小于 5,000 亩，第二类承雨面积 $3.0 < F < 10.0$ 平方公里，灌田 5,000 ~ 15,000 亩，第三类承雨面积 10 平方公里以上，灌田 15,000 ~ 50,000 亩，分別作出繁簡不同的水文分析与水利計算，然后决定壩高与溢洪道的宽度。

§1 湖北省小型水庫水文水利計算方法

小型水庫的範圍，在本設計中系指壩高在20公尺以下，承雨面積小於100平方公里，灌溉田畝少於50,000市畝的水庫工程。

通過幾年來實踐證明，在小水庫工程的設計中，水文水利計算方法各處不一，使用水文資料未經整理分析，因此影響計算成果偏高偏低，在經濟與安全方面帶有或大或小的偶然性，現在綜合各地經驗，提出以下分析方法，並附一些經初步整理分析的水文資料，供省內各專縣水利同志參考使用。

上面所談僅僅是小水庫的上限範圍，具體到實際中還有很大差別，如灌溉數百畝與數萬畝的，壩高5.0米的與20.0米的工程在設計、施工與造價上都有很大的差別。因此又將小水庫分為三類，根據不同的性質提出詳簡不同的分析方法。

第 I 類

水庫的承雨面積(F)小於3.0平方公里，灌溉面積(F_0)小於5,000市畝，為合作社或羣眾自辦，由農民技術員或者是經過短期訓練有一般水利常識的人員掌握設計施工的小水庫或山塘。

一、蓄水量計算

1. 根據調查或簡單測量而得的灌溉田畝(F_0)和承雨面積(F)計算調節係數 α 值如下：

$$\alpha = \frac{F_0}{F} = \frac{\text{灌溉面積(平方公里)}}{\text{承雨面積(平方公里)}} = \frac{F_0(\text{畝})}{1,500F(\text{平方公里})}$$

F_0 ——市畝； F ——平方公里。

α 值小於或等於1.0，用水總量即為水庫的蓄水量，在水庫的水位容積曲綫上，查出相應的高程。作為蓄水高程（或稱水庫的正常高水位）。

α 值大於1.0時應作水量平衡分析，分析的方法是根據工程的地理位置，在全省多年平均徑流($\bar{h}$)等值綫圖上，查出 $\bar{h}$ 值按下式計算多年平均來水量：

$$W_0 = 1,000F\bar{h}(\text{公方})$$

式中 F = 承雨面積(平方公里)；

$\bar{h}$ = 多年平均徑流深(公厘)。

將 W_0 與用水總量 W_c 比較，如 $W_0 \geq W_c$ ，則取 W_c 為水庫的蓄水總量；如 $W_0 < W_c$ 則以 W_0 為蓄水總量但應核算抗旱能力，如抗旱天數太少(例如說少於20~30天)應適當減少灌溉田畝，或發展塘堰或增修其它蓄水工程補給。

2. 用水量計算，通過調查訪問，首先明確灌區內現有的塘堰抗旱能力，或詳細調查出各類抗旱天數的田畝數，計算平均抗旱天數 D_{cp} 。

$$D_{cp} = \frac{d_1f_1 + d_2f_2 + d_3f_3 + \dots + d_nf_n}{(f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n)}$$

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ 為不同的抗旱天數

$f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ 為相對於抗旱 $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ 天的田畝數。

根据灌区内一般較大旱年要抗旱多少天才能保收或丰收，訂出全区抗旱指标，减去 D_{cp} 天，其余天数的水量即为水库应供给的水量。

抗旱天数确定后，再根据灌区内一般土壤性質，或通过調查訪問，确定平均每天灌水多少深，或者訪問一般灌一市寸水可以管几天，按一市寸合34公厘折算成每天几公厘計算灌溉定額和用水总量。

灌溉定額(ω_c)=抗旱天数(d) $\times$ 平均每天灌水深(h_c) $\times 0.667$ (公方/亩)

即
$$\omega_c = d \times h_c \times 0.667$$

灌溉用水总量=灌溉定額 $\times$ 田亩总数 $\times \frac{1}{\text{渠道利用系数}}$

即
$$W_c = \omega_c \times F_0 \times \frac{1}{\eta}$$

平均每天灌水深根据过去經驗在湖北一般为 7.0~10 公厘，土壤滲漏性大，取較大的数，反之取較小的数。0.667是單位換算系数，即1.0公厘的水在一市亩內的体积相当于 $1.0 \times 667 \times \frac{1}{1,000} = 0.667$ 公方。

渠道利用系数是淨灌水量与毛灌水量的比值。淨水量是实际能灌到田中的有效水量，即設計的灌溉定額。毛灌水量是根据渠道不同的土質、长度和通过流量大小用考斯加可夫公式算出滲漏損失。渠道短，流量較大，土質滲漏性小，損失就小，渠道利用系数就大，反之就小。参考我省已設計的水庫灌区分析成果，在小型水庫的小灌区内，渠道利用系数(η)值用 0.75~0.85 (土壤滲漏性特別大或者特別小可以超出这个范围)。

核算抗旱天数可用上列二式計算，將灌溉用水总量改为多年平均来水总量。田亩数与 η 值已知，便可以求出灌溉定額再除以平均每天灌水深，乘 0.667 即可求出抗旱天数。不过在多年平均来水中还应减去該量的 6~10% 的水庫年滲漏蒸发損失总量。

應該提起注意，当 $\alpha > 1.0$ 时，水庫蓄水容积最好不要大于多年平均来水总量。不要以为只需把水庫修得大些就可以多蓄水多灌溉。水庫容量是有个限度的，太大了沒有水来充蓄就会成干庫，同时以用水总量或多年来水总量为蓄水庫容，在一般年份已經多留了 20~70% 的既定庫容，这个理由参考附录丁。

二、溢洪道断面設計。因承雨面积过小，又无水文观测資料，根据湖北过去修建小型水庫經驗，用一小时60公厘暴雨与合理化公式計算暴雨洪峯流量，不考慮設計頻率与水庫的滯洪作用，以 $Q_m = q_m$ 計算溢洪过水断面，为了使用方便，將公式各种計算結果做成曲綫，使用时只要已知各种数据便可以在图上查出結果，曲綫的計算公式如下：

$$Q_m = 16.67 C i F = M L H^{\frac{3}{2}} = q_m$$

$C=0.8$ 徑流系数：在小面积上集流快，降雨損失少，参考我省中等河流一般暴雨徑流系数多在該数左右。

$i=60/60=1.0$ 公厘/分鐘 根据上面所說沿用我省过去經驗，許多按該值設計溢洪道断面經我省1954年~1956年一些較大洪水考驗能安全无事，但最大溢水深也會經达到1.0~1.5公尺，說明比較經濟合理。

M 是溢洪道上的流量系数可以參考曲綫图水文19—13決定。在做关系曲綫时用1.48。

L 是溢洪道寬度 (公尺)。

H = 溢洪道上水头 (公尺)。

將各已知数据代入, 得下式:

$$Q_m = 16.67 \times 0.8 \times 1.0 \times F = 1.48 \times L \times H^{\frac{3}{2}}$$

移項

$$13.336 F = \frac{1}{1.48} = L \times H^{\frac{3}{2}}$$

$$9.01 F = L \times H^{\frac{3}{2}}$$

由上式看出, 在小面积的水庫中, 洪峰流量可用每个平方公里13.3秒公方計算, 其次根据上式, 以 F 为横坐标, L 为縱坐标, H 为参数做出如下一組关系曲綫, 知道了承雨面积 F , 以及拟定适当的溢洪水深 H , 便可直接查得溢洪道寬度 L 。

三、壩高計算

为了安全起见, 应預留在設計洪水时的波浪高和安全超高。波浪高按下列公式計算:

$$h_b = 0.0208 V^{\frac{5}{4}} L_e^{\frac{1}{2}}$$

h_b = 波浪高度 (M)

V = 风速 (公尺/秒)

L_e = 水庫壩后最大开扩距离 (公里)

用 h_b 为縱軸, L_e 为横軸, V 为参变数做成一組关系曲綫, 只要 V 与 L_e 为已知, 便可以在該图上查 h_b 值, 參看曲綫图水文19—19。

安全超高在苏联土壩設計规范中沒有規定四級壩的数字, 故建議用20~30公分。

实例 大冶县××水庫

一、蓄水量計算

1. 根据調查水庫以上承雨面积 $F = 2.16$ 平方公里

灌区有水田 $F_0 = 5700$ 亩。

調节系数

$$\alpha = \frac{F_0}{F} = \frac{5,700}{2.16 \times 1,500} = 1.78$$

$\alpha > 1.0$ 說明灌区过大, 不能按用水量設計蓄水量, 以多年平均徑流为蓄水容积, 查全省徑流等深图, 得大冶 $\bar{h} = 587$ 公厘。

多年平均来水总量

$$W_0 = 1000 F \bar{h} = 1000 \times 2.16 \times 587 = 1,267,920 \text{ 公方}$$

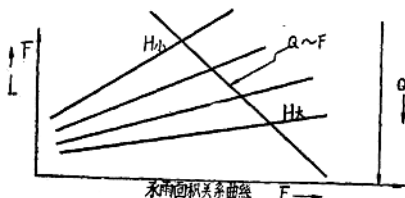
在水庫的水位容积曲綫上查出当 $V = 1.268 \times 10^6$ 公方时, 水位为 43.0 公尺, 为了满足自流灌溉的需要, 加垫底庫容 14.6×10^3 公方, 查得水庫的正常高水位 43.30 公尺、相应容积为 1.414×10^6 公方。

2. 核算該蓄水量的抗旱能力, 因灌区小, 渠道短取渠道利用系数 $\eta = 0.85$, 根据調查灌区, 一般土壤多为壤土, 平均灌水 7.5 公厘可以維持一天, 水庫渗漏蒸发损失采用总蓄水的 10%。

$$\text{灌溉定額} = \frac{W_0 - (\text{損失})}{F_0 / \eta} = \frac{1.268 \times 10^6 (1 - 0.10)}{5700 / 0.85} = 160 \text{ 公方/亩}$$

$$\text{抗旱天数} = \text{灌溉定額} / (\text{平均每天灌水深度} \times 0.667) = 160 / (7.5 \times 0.667) = 32 \text{ 天}$$

抗旱32天标准很低, 如果减少田亩数可以提高抗旱能力, 本区壤壤抗旱能力, 因缺乏調查資料, 无法



計算，灌区内实有抗旱天数当大于32天，則計算水庫效益应以32天为根据。

二、溢洪道断面設計

根据 $F=2.16$ 平方公里 取 $H=1.0$ 、 1.2 、 1.4 作比較，

查曲线图水文19—13得如下的結果

溢洪道上設計流量 $Q=28.8$ 公方/秒

当 $H=1.0$, $L_{1.0}=19.5$ (公尺) $H=1.2$ $L_{1.2}=14.5$ (公尺) $H=1.4$ $L_{1.4}=11.8$ (公尺)

令取 $H=1.4$ 修溢洪道入口为 (加闊入口边缘的堰頂) 查出 $K_L=0.955$

溢洪道开挖寬度 $L=11.8 \times 0.955=11.27$ 取 $L=11.0$ 公尺

三、壩高計算

根据曲线图水文19—19附表說明，对照本地实际，最大可能发生7級风

水庫內最大开扩距离 $L=0.42$ (公里)

查图水文19—19得 $h_b=0.54$ (公尺)

安全超高取 $l=0.20$ (公尺)

壩頂高程 $H_e = \text{正常高水位} + \text{溢洪水深} + \text{浪高} + \text{安全超高} = 43.8 + 1.4 + 0.54 + 0.2 = 45.94$

(公尺)

取 $H_e = 46.00$ (公尺)

壩最低高程 $H=34.00$

壩身最大高度 $46.00 - 34.00 = 12.00$ 公尺 (未加沉陷超高)

第 II 类

承雨面积 $3.0 < F < 10.0$ 平方公里，灌溉田亩数 $5,000 < F_0 < 15,000$ 市亩的水庫工程有一定的技术力量，工程造价較高影响范围較大，应进行比較詳細的分析計算，以期达到安全而經濟的目的。

一、蓄水量与水庫正常高水位的确定

此項設計大体上同第 I 类差不多，首先計算調節系数 α ，如 $\alpha > 1.0$ 一般以 50% 初算；如塘堰蓄水与地表徑流多，可以再提到 75% 的保証率計算用水总量，用水量可以用第 I 类按抗旱天数标准設計，也可以按第 III 类按灌溉制度設計。

水庫正常高水位不能按第 I 类方法确定，应该考虑水庫的調節作用，合理的調節方法見第 III 类。本类水庫簡單地采用“容积系数‘ β ’值”法 (β 值意义見“附录 I”)。 β 值一般为 $0.3 \sim 0.95$ ，如从安全考虑，庫容留大些可以选择較大的比值，如从經濟出发則擇选較小的 β 值。

水庫蓄水容积 $W = \beta \times W_0$

式中 W_0 为多年平均来水总量或某保証率的来水总量。

50% 及 75% 保証率的徑流量，可以在附图上直接查出。其他保証率的徑流量，是查出 h 同时查徑流 C_0 值，再在水文图表上查出变率 K_p 乘 $\bar{h}$ 即为設計保証率的徑流量。

按 β 值算出的 W 加垫底容积在水位容积曲綫上查出相应的水位即为水庫的正高常水位

二、溢洪道断面設計

1. 历史洪水調查分析見水利出版社出版“洪水調查与計算”，洪水調查是溢洪道开

得既安全又經濟的可靠依据，必須进行該項工作。

2. 設計洪水流量，以林平一方法与等流时綫方法为主，林氏法中变数多。考虑在 $3.0 < F < 10.0$ 平方公里范围内，某些数据的变化范围不大，根据一些实际資料，拟出变化范围，計算极限数字，发现变化不大，因此將某些数据固定为常数，原公式简化如下：

$$\text{公式} \quad Q_m = \left(C_1 F \frac{S_p}{\Phi_1} \right)^{1.2r}$$

$$\text{式中} \quad \Phi_1 = \left(L_1 \left(\frac{\alpha F}{L_1^{1.6}} + \frac{1}{E_1^{0.375}} \right) \right)^{0.7}$$

Φ_1 称为流域特性系数。

C_1 = 考虑徑流损失后的系数 $0.767 \sim 0.525$ ，平均为 0.64 ，采用的原則是徑流损失小、山坡陡、山坡糙率小选用較大值，反之取較小值，一般情况取平均值。

α = 山坡集流系数是山坡比降 E_0 ，山坡長度 L_0 ，山坡糙率 N_0 与流量有关的数字，其值为 $0.3 \sim 0.64$ 。

S_p = 設計暴雨参数詳第Ⅲ类。

L_1 = 干流長度，公里。

E_1 = 干流平均比降，公尺/公里。

公式的简化过程与根据請參看附录Ⅳ，为了使用方便，將 Q 与 Φ_1 各种可能变化值做成諾模图，只要公式右端各数已知，即可在图上查出結果，不必再計算，見曲綫图水文 19—14 及水文 19—15。

3. 溢洪道断面設計，在一般情况下，采用上述設計洪水，原則上不考虑滯洪庫容，如第Ⅰ类以 $Q_m = q_m$ 再用寬頂堰公式算溢洪断面，或查“水文 19—19”，可以查出寬淺式泄洪断面，如溢洪道开挖护砌工程費大，可以按第Ⅲ类方法，詳細分析。

三、壩高与波浪高計算同第Ⅰ类。

实例 滿水县××水庫

一、蓄水量与水庫正常高水位确定。

1. 根据調查与在軍用图上量度，得庫址以上承雨面积 $F = 4.86$ 平方公里，根据調查灌区内有农田 $F_0 = 13,000$ 亩。

調节系数

$$\alpha = \frac{F_0}{F} = \frac{13,000}{4.86 \times 1,500} = 1.78$$

2. 保証率与用水量計算：

因 $\alpha > 1.0$ ，取 50% 保証率，查全省徑流等深图得 $h = 560$ 公厘，故多年平均来水总量为：

$$W_0 = 1,000 F h = 1,000 \times 4.86 \times 560 = 2.722 \times 10^6 \text{ (公方)}$$

用水是根据灌区内老农估計。現有的塘堰大約可以抗旱 15 天，折算后平均灌水 7.53 公厘可以維持一天，設計时取 8.0 公厘，如將全区提高到抗旱 50~60 天，則由水庫补給水天数为 35~45 天，渠道利用系数取 $\eta = 0.85$ 。用水总量

$$W_c = \frac{F_0}{\eta} \times d \times h_c \times 0.667 = \frac{13,000}{0.85} \times d \times 8.0 \times 0.667 \quad (\text{符号意义詳第Ⅰ类})$$

如 $d = 35$ 天， $W_c = 2.86 \times 10^6$ 公方，

如 $d = 45$ 天， $W_c = 3.68 \times 10^6$ 公方。

但多年平均来水仅 2.722×10^6 公方, 扣除水库渗漏蒸发损失, 尚小于抗旱 35 天的用水量, 如配合塘堰发展, 灌区一般抗旱能力可以提到 50 天左右。

3. 水库正常高水位确定: 因用水多、库容大、考虑在丰水年多存水量, 故取较高的容积系数 $\beta = 0.90$ 。

水库容积 $V = \beta \times W_0 = 0.9 \times 2.722 \times 10^6 = 2.45 \times 10^6$ 公方。

为了满足自流灌溉要求加 0.25×10^6 (公方) 垫底容积, 总容积为 2.70×10^6 公方。在水库的水位容积曲线上查出相应的高程为 116.50 公尺, 此即水库的正常高水位。

二、溢洪道设计。

1. 历史洪水调查分析:

根据调查实测得下列各数:

洪水断面	$A_0 = 40.0$	平方公尺,
平均水面宽	$b = 26.9$	公尺,
水面比降	$S = 0.69/120 = 0.0058,$	
	$S^{1/2} = 0.077,$	
水力半径	$R = 40.0/26.9 = 1.498,$	
	$R^{2/3} = 1.309,$	
粗糙率	$n = 0.067$	
	$1/n = 15$ (根据斯列布内依表)。	

洪流量用满宁公式计算如下:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A_0 = \frac{1}{0.067} \times 1.498^{2/3} \times 0.0058^{1/2} \times 40.0 = 15 \times 1.309 \times 0.077 \times 40.0 = 60.4$$

(上列计算资料系折自原工程计算书, 未说明历史洪水发生年代与断面河床性质, 无法进一步分析其近似重现期, 今列出供校核设计参考)

2. 设计洪水。

据原设计书仅有 $F = 4.28$ 平方公里, $L_1 = 8.0$ 公里, 因面积不大, 其他资料又无法获得, 故用简化的林平一公式求洪峰流量, 用查表法求结果。

设计洪峰流量的公式如下:

$$Q = \left(C_1 F \frac{S_p}{\phi_1} \right)^{1.21}$$

式中 $S_p = A + B \lg N,$

$$\phi_1 = \left[L_1 \left(\frac{\alpha F}{L_1^{1.6}} + \frac{1}{E^{0.375}} \right) \right]^{0.7}.$$

查图的方法:

(1) 根据工程的地理位置在全省 A 、 B 等值线图查出 $A = 9.7, B = 13.1$, 查 S_p 曲线 II 得 20 年一遇 $S_{p, 20} = 26.9$, 100 年一遇 $S_{p, 100} = 35.9$ 。

(2) 采用洪水比降 $S = 5.8\%$ 。代替河床比降, 在“水文 19—14”上的 $\alpha \sim F$ 曲线查出 $\alpha = 0.47$, 则 $\alpha F = 0.47 \times 4.86 = 2.28$,

在第一象限 αF 轴上找到 2.28 处, 作垂线交 $L_1 = 8.0$ 相交于⑤, 作水平线交于 y_2 轴于⑥,

据 $E_1 = 5.8$ 在 E_1 轴上找 5.8 处⑦作垂线交 $E_1 \sim \frac{1}{E^{0.375}}$ 曲线于⑧, 再作水平线截 y_1 轴于⑨, 联⑨~⑥与 y_3 轴交于⑩,

用⑩的坐标值乘 L_1 , 即 $8.0 \times 0.6 = 4.8$,

在 ϕ' 轴上找到 4.8 处⑪, 与 ϕ 曲线相交于⑫, 截 y_4 轴于⑬即得。