

小型水庫的技术知识

馮 旦 著

水利出版社

PDG

小型水庫的技術知識

馮 旦 著

水 利 出 版 社

1958年4月

內 容 提 要

本書扼要地論述了关于小型水庫庫址的选擇，蓄水量的确定及水庫建筑物的設計和施工等技術知識。

小型水庫的技术知识

著 者	馮 旦
出版者	水利出版社（北京西郊科学路二里溝） 北京市書刊出版業營業許可証出字第 080 号
印刷者	水利出版社印刷厂
發行者	新華書店

21 千字 787×1092 1/32开 1 1/16印張
1956年 8 月北京第一版 1958年 4 月北京第四次印刷 印数21,101~51,100
統一書号: 15047·28 定价: (9)0.14元

目 錄

一、什么是小型水庫	(1)
二、小型水庫位置的选择	(2)
三、怎样确定小型水庫的蓄水量	(6)
四、小型水庫的建筑物	(9)
(一) 蓄水坝	(9)
(二) 溢洪道	(14)
(三) 放水管(或洞)	(21)
五、修建小型水庫应注意的事項	(27)

小型水庫是解決山區和丘陵地區農田灌溉的一種蓄水工程。這幾年來，江蘇、浙江、江西、湖南、湖北、廣東、廣西、四川、河南等省修建的小型水庫，事實證明，在保障農業生產上起了很大的作用。我國適宜修建小型水庫的地方很多，但是小型水庫是解放以後才提倡修建的，它的做法在廣大農村中還不夠熟悉。隨着農業合作化和農業增產運動高潮的到來，小型水庫的發展，已進入了新的階段。為了適應需要，特將小型水庫的技術知識作一個簡要的介紹，以供縣級以下水利幹部參考之用。但必須指出，由於技術水平有限和實際經驗不足，內容不夠全面系統，錯誤之處亦恐難免，希各地同志發現後隨時提出，以便補充修正。

一、什麼是小型水庫

在小山溪，谷地或山峽的適當地點，用人工方法，把這個地點以上的流域面積里流下來的雨水、溪水或泉水攔蓄起來，攔蓄的壩高為6~12公尺，就是下面介紹修建的小型水庫。

流域面積或稱集水面積，就是水庫以上分水嶺界所包括的面積。換句話說，一個面積里的雨水、溪水或泉水都流到修建的水庫里來或通過水庫再流下去，這個面積就是水庫控制

的流域面積或集水面積。

小型水庫的構成，通常包括蓄水壩，溢洪道，放水管（或洞）三部分。蓄水壩是擋水的建築物，溢洪道是水庫蓄滿期間宣泄洪水的建築物，放水管（或洞）是放出有效水量的建築物。

好幾百年以來，我國南方山區農民，早有修建塘堰蓄水和引水灌溉的經驗。塘分平塘和山塘兩種：平塘是利用低窪地形或廢田，從地面開挖下去，蓄積附近地面的雨水，塘里的水，常比地面低，須車水灌溉；山塘是在山溪或谷地利用地形條件築一條塘埂，攔蓄山坡或高地流來的雨水、溪水或泉水。山塘里的水，往往比田面高，只要在塘埂中做一個放水洞，就可以自流灌溉。堰是攔河堵截水流的一種低壩，河水位低時，能把水位壅高，因而水可引入農田，發生洪水時，水又可由堰頂上滾流下去，所以又有滾水壩、引水堰及堰壩等名稱。其中山塘一項，在地形條件上和工程設備上，基本上是和現在介紹的小型水庫相似。因此小型水庫也可以說是從山塘的基礎上用先進技術加以改進提高的一種蓄水工程。

二、小型水庫位置的選擇

幾年來，修建小型水庫的經驗告訴我們：小型水庫的位置選擇得好，就費省效宏，又牢固安全；選擇得不好，就要多花人工，多用材料，或者是儲不滿水，達不到計劃的效益。因此，在修建之前，對位置之選擇，必須慎重考慮。

選擇小型水庫的位置，應從那幾方面來考慮呢？

（一）要有足夠的集水面積。前面說過，小型水庫是修

建在山溪或谷地的適当地点，它的水源有雨水、溪水或泉水。但是溪水的大小，决定于雨水，山区集水面積不大的溪溝，雨后不久就要断流，泉水不一定到处都有，有的泉水含有硫磺或鹽类等礦質又不能引用，因此，小型水庫的水源主要是靠雨水。既是靠雨水，在庫址以上就必須有足够大的集水面積，才能集蓄需要的水量，否則就蓄不滿水，达不到计划的效益。

估計一个水庫能够集蓄雨水的多少，最簡單的方法，是用集水面積、平均年降雨量和年徑流系数三項相乘即得。雨水降到地面之后，一部分滲透到土里去，一部分蒸發掉，一年能由集水面積地面上流入水庫的水量，只不过是一年降雨量的一部分。这一部分的水量叫做年徑流。年徑流和一年降雨量之比叫做年徑流系数。年徑流系数与地形、土質、雨量的多少和降雨强度等等因素有关，須有相当長时期的水文观测才能定出。现在江苏省用的年徑流系数是 0.2 至 0.5，广东省用的年徑流系数是 0.3 至 0.5，各地可根据当地情况参考应用，土質好、雨量多的地方用大点，土質不好、雨量少的地方用小点。在沒有把握决定年徑流系数的地方，为了保証能够集蓄需要的水量，以采用較小的年徑流系数为宜。假設集水面積是 1 平方公里，平均年降雨量是 1,000 公厘，采用的年徑流系数是 0.3，則建庫后，每年就可以集蓄雨水約 300,000 公方（因 1 平方公里等于 1,000,000 平方公尺，1,000 公厘等于 1 公尺，所以 $1,000,000 \times 1 \times 0.3 = 300,000$ 立方公尺或公方）。反过來說，在年降雨量为 1,000 公厘，年徑流系数为 0.3 的地区，如果需要修建一个蓄水 300,000 公方的水庫，庫址以上就得有 1 平方公里左右的集水面積。集水面積小了就沒有把握能够集蓄需要的水量，大一些是允許的，但是太

大了，修建小型水庫是不相宜的，因為這樣做，不僅溢洪道的工程費用大，而且容易有漫頂失事的危險。

集水面積的大小，不僅是估計可蓄水量的一个依据，而且也是決定溢洪道大小的重要因素之一。過去各地羣眾自辦的小型水庫中，由於忽略了集水面積的勘測，造成蓄水不滿或漫頂失事的損失很多，因此在選擇位置時，最好能對集水面積的大小用儀器進行測量，如果辦不到，必須反復了解并丈量山谷長度及分水嶺間的距離，以平均距離乘長度得一近似的估計。

平均年降雨量可向最近有雨量觀測的單位（如農場、水文站或縣人民政府主管局科）查詢。

（二）要有优越的地形。就是谷口要狹窄，谷里要寬廣，這樣不用筑很長的壩，就可以蓄很多的水。水庫兩岸山坡不要太陡，也不宜過分平緩，太陡了，山坡的土壤易被暴雨冲刷，因而水庫就會很快淤墊起來，過分平緩了，淹沒的農田就多，而且大部面積水淺，容易生長水草，蒸發滲漏損失也多。

水庫的容積決定於庫址的地形和壩高。在庫址勘定後，必須進行一次測量，才能知道蓄水量與蓄水深度的關係，也才能決定壩要筑多高。蓄水深，是指壩址最低一點水深而言；壩高等於蓄水深加 2 公尺左右。

最簡單的測量方法是橫斷面法，就是從壩址的一個橫斷面起，沿着垂直壩址的方向每隔若干距離釘一個樁，并測定每個樁號處的橫斷面，測至最後一個橫斷面的最低一點已高出壩址橫斷面最低一點 12 公尺為止，然後根據測量結果繪制等高綫平面圖，并算出各個等高綫的面積，以相鄰面積的平均數乘高差，再把它們逐級累加起來，即可求出不同水深的

不同蓄水量。

(三)要有不透水或透水性很小的坚实地層。筑坝才不沉陷，蓄水才不漏掉。岩石是不透水的，但必須注意有無裂縫，尤其是石灰岩通常洞穴和裂縫很多，必須詳細檢查并考慮补塞方法，如不能采用有效办法止漏，就應該另选庫址。粘土層透水性很小，可作为不透水層，但在坝址附近的厚度要不小于2公尺。砂礫層是漏水的，如厚度不深于2~3公尺，下面为粘土或岩石層，只要加做隔水牆，也是可以用作坝址的；但砂礫層不宜过厚，过厚了，工程費用就大，施工也困难。

由于地面以下的土壤無法臆断，必須進行試探才能确定。試探的方法，可沿坝址挖几个坑，兩面山坡也要开挖進去，看是什么土質？挖多深才是不透水層？不透水層的厚度是多少？

为了識別土壤的种类，在这里把最簡易的方法介紹如下：

根据苏联專家沙巴耶夫的介紹，土壤的分类，就土壤的顆粒对徑來說，小于0.001公厘的为淤泥，小于0.005公厘的为粘土，0.005~0.05公厘的为粉土，0.05~2公厘的为砂，2~20公厘的为砂礫，20~60公厘的为卵石及碎石，60~200公厘的为圓石，200公厘以上的为頑石及石。凡土壤由粘土、粉土及砂組成的，其中粘土重量占60%以上的叫重粘土，占30%以上的叫粘土，占10~30%的叫壤土，占3~10%的叫砂壤土，占3%以下的叫砂（壤土中粉土重量多于砂时叫粉質壤土，砂壤土中粉土重量多于砂时叫粉土，砂中粉土重量占15~50%时叫粉質砂土。粉質土壤浸湿时即成为流砂状态，最好避免用作筑坝材料）。

粘土在干燥时非常硬，潮湿时能搓成 1.5 公厘对徑的長条；壤土在干燥时用錘輕打即碎，潮湿时能搓成較粗的短条；砂壤土在干燥时易成粉末，潮湿时不能搓成条；砂在干燥时沒有凝聚性，潮湿时更不能搓成条。

要了解土壤成分时，可取一只玻璃杯，裝半杯土，倒滿水，很好地攪勻。放置二、三小时后，等泥土沉淀，水面澄清时，量出沉在杯中的砂和粘土的厚度。假如砂層厚为 30 公厘，粘土層厚为 20 公厘，就知道土壤中含有 60% 的砂，40% 的粘土。

粘土屬於不透水性土壤，壤土屬於透水性較小土壤，砂壤土及砂屬於透水性土壤。

三、怎样确定小型水庫的蓄水量

为了决定小型水庫的坝高，应先确定蓄水量（見圖 1）。修建小型水庫的目的是为了灌溉。但是僅按灌溉需水量來确定蓄水量是不够的。因为水庫里的水不能全部放干，必須保持一部分死水容積为养魚及防止庫底冻裂或晒裂等用，加以水存在庫里，水面有蒸發損失，庫底有滲漏損失，还有水由庫里放到田里有渠道輸水損失，所以小型水庫的蓄水量应等于灌溉需水量加上灌溉渠道輸水損失，死水容積以及蒸發滲漏損失。

灌溉需水量依作物种类和生長地区的不同而有分別，必須經過常时期的觀測試驗，才能得到比較可靠的数字。綜合各地不完全的資料，除去有效雨量外，南方水稻作物，每畝需要补充的灌溉水量約为 180~300 公方不等，北方旱作物，

每畝需要補充的灌溉水量，冬小麥約 100~140 公方，棉花約 200~300 公方。在各地未能推論出可以依據的資料時，可參考上述數字并和羣眾共同研究，根據當地實際情況估計。

渠道輸水損失視渠道土質和長度而定，一般估計為灌溉需水量的 15~30%。如渠道長度在 10 公里以內，土質很好，可按 15% 或 20% 估計。

死水容積的平均深度，最好是 1~2 公尺。但是這裡介紹的小型水庫，壩高僅 6~12 公尺，保留的死水容積不宜過大，可根據實際需要決定。為了顧及養魚，在壩址最低的一點的水深，以不小于 1 公尺為宜。

蒸發損失與水庫水面面積及當地蒸發量成正比，滲漏損失視庫址地質而異，影響這兩種損失的因素很多，很難得到精確的數字。在沒有資料的地方，可按上述水量總和的 30% 估計。

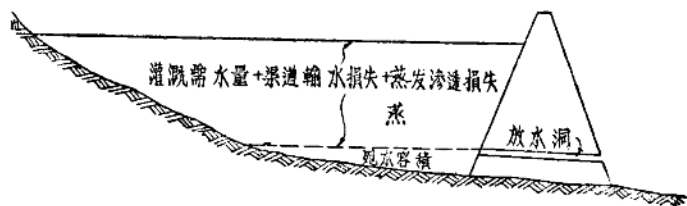


圖 1 蓄水量示意圖

例：灌溉農田 1,000 畝，每畝需要補充的水量為 200 公方，死水容積的水深為 1.5 公尺，渠道輸水損失為灌溉需水量的 20%，蒸發滲漏損失為上述水量總和的 30%，并假定水庫容積經測量所得結果如下表所示，問蓄水量應該多少？蓄水深是多少？

水庫容積表 ①

蓄水深 (公尺)	蓄水面積 (平方公尺)	蓄水量 (公方)
0	0	
1.5	20,000	15,000
2.0	32,000	28,000
2.5	44,000	47,000
3.0	60,000	73,000
3.5	76,000	107,000
4.0	96,000	150,000
4.5	104,000	200,000
5.0	116,000	255,000
5.5	124,000	315,000
6.0	136,000	380,000
6.5	150,000	451,500
7.0	170,000	531,500
7.5	190,000	621,500
8.0	210,000	721,500
8.5	230,000	831,500

解：灌溉需水量 $1,000 \times 200 = 200,000$ 公方
 灌溉渠道輸水損失 $200,000 \times \frac{20}{100} = 40,000$ 公方
 死水容積，从上表查知水深 1.5 公尺时，水量为 15,000 公方
 蒸發滲漏損失 $(200,000 + 40,000 + 15,000) \times \frac{30}{100} = 76,500$ 公方
 以上四項相加共为 331,500 公方，就是需要的蓄水量。再由
 上表用插比法求得蓄水量为 331,500 公方时，相应的蓄水深
 为 5.6 公尺有零，就是需要的蓄水深。

① 若將水庫容積以蓄水深為縱座標，以蓄水量為橫座標，繪成容積曲綫，則應用起來更為便利。

四、小型水庫的建築物

(一) 蓄 水 壩

小型水庫的蓄水壩，就筑壩的材料來分，常用的有土壩、土石壩及堆石壩三種；其中土壩能適合于各種基礎，工程做法也比較簡單，應用最廣。

現在先談談土壩：

土壩的設計，主要是根據當地現有筑壩土料來確定壩的最合理的斷面形狀。到目前為止，還不能以數學分析方法確定壩體的斷面，只有依靠經驗、部分力學原理及滲透知識來確定。

現將設計土壩的一般經驗介紹如次：

1. 壩型：土壩的類型很多，最適宜于羣眾性小型水庫的是均勻土質壩及心牆壩。

均勻土質壩是用均一的土壤筑成。土壤的成分最好含粘土 30~50%，含砂 50~70%。這樣成分的土壤具有優良的不透水性，濕潤時不容易滑坍，乾燥時也不容易龜裂，是做均勻土質壩最好的土料。含砂超過 70% 以上時，透水性即有顯著的增加，純粘土雖不透水，但遇潮濕即滑坍，乾燥則龜裂，均不宜做均勻土質壩。在庫址附近有適，上述成分的土壤時，應即採用這個類型的壩，因為它是施工最簡易的一個類型。圖 2 甲用于不透水層距地面不深的地方，乙、丙用于不透水層距地面較深的地方。

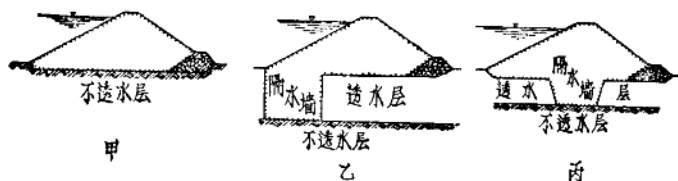


圖2 均匀土質埧圖

心牆埧是用粘土做一道心牆，心牆前后用透水性土料筑成。心牆頂要做到最高水位以上半公尺，牆脚埋入不透水層基礎半公尺左右，兩端和山坡接头处插入坚实的岩石，如山坡为土層，至少嵌入 1.5 公尺。心牆頂寬普通为 1 公尺，向下逐漸放寬，坡度在 10:1 至 6:1 之間。心牆前后的透水性土料，比較細密的放在心牆附近，离心牆越远，用的土料可越粗，最粗的放在背水坡。这个类型的埧是在庫址附近缺少不透水性土料时采用（圖 3）。

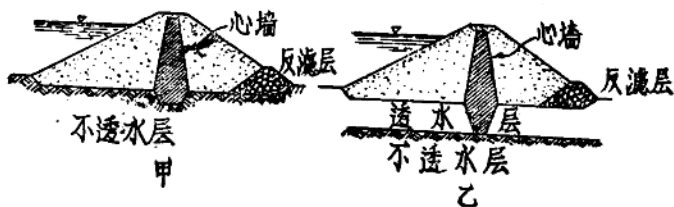


圖3 心牆埧圖

心牆的材料也有用石灰三合土的，但石灰价貴，而且石灰埋在土內不容易凝固，效力并不比粘土好，在取运粘土不过分困难时，以采用粘土为好。

2. 埧高: 水庫的埧高应等于蓄水深加溢水深加出水高。

蓄水深前面已講过；溢水深是洪水时滾过溢洪道的最大水深，不同的水庫有不同的溢水深，在講到溢洪道时就可以知道；出水高是溢水深以上的超高，为防禦風浪和保証安全而加的，羣众性小型水庫的出水高通常采用 0.7~1.0 公尺。如水庫的蓄水面積較大，則出水高还要酌量加大些。

土坝筑成后，日久一定要沉陷，填筑时应較原設計略为加高，一般加高約为設計高的 5%（圖 4）。

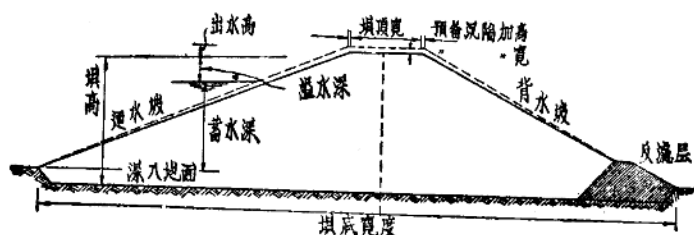


圖 4 土坝断面圖

3. 坝頂寬：坝頂寬根据坝高和坝上是否通行車輛而定。不通行車輛的坝，一般是：坝高 6~10 公尺，頂寬至少 4 公尺；坝高 10~12 公尺，頂寬至少 4.5 公尺。如通行車輛，按需要增加。

4. 坝坡：土坝的边坡視坝高和所用的土料而定。若土料中粘土成分較多，坝身高度又不大，边坡可陡些；反之，边坡就應該平緩些。坝的迎水坡在任何情况下应比背水坡平緩，因为迎水坡的土壤浸水飽和之后，如水庫水位驟降，坡陡了就容易脫坡。在大江大河的下游，常常可以看到河岸在漲水时不坍，在落水时坍，就是这个道理。苏联專家沙巴耶夫所介紹的小型水庫的坝坡是：坝高 5~8 公尺，迎水坡用 1:3

至 1:3.5，背水坡用 1:2 至 1:2.5；坝高 8~10 公尺，迎水坡用 1:3 至 1:3.75，背水坡用 1:2.5 至 1:3。各地可参考上述标准并根据所用土料性质及附近成功经验决定。

5. 反滤层：土坝不会绝对不透水，水库蓄水后，坝身受到水压力，会在某种程度上发生渗水现象。坝身愈高，所受压力愈大，渗水就愈多。这种渗水如不设法排出，坝身背水坡较低部分的土壤中所含的水分必将达到饱和，极可能发生隆起和脱坡的危险。所以 6 公尺以上的土坝都应做滤水坝趾，这种滤水坝趾也叫反滤层。坝的背水坡坝脚有了反滤层，就可以把渗入坝身的水由反滤层排出，避免背水坡隆起和脱坡的危险。

反滤层的式样很多，为了施工简易起见，蓄水 10 公尺以下的坝可根据坝身高低比照图 5 尺寸修建。但须注意图上高度，系指坝下无水的情况而言，如坝下有水，则反滤层的高度，应做至水位以上 1 公尺。

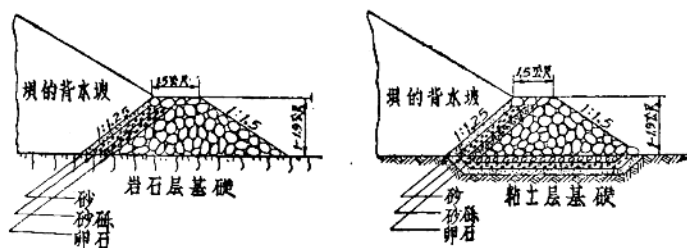


图 5 反滤层图

6. 护坡：水库修成以后，在刮风的时候，迎水坡面将受到水浪的冲刷，日子久了，冲刷一天比一天厉害，坡面将有

被淘空以致崩坍的危險；在暴雨的時候，背水坡也容易有沖成雨淋溝等缺陷。如壩身較高，蓄水面積又大，為了加強壩身，土壩的迎水坡最好用干砌塊石護坡，塊石層厚 30~40 公分；背水坡可種植爬根草。但須注意土壩筑成之後，有不同程度的壓縮和沉陷，護坡工作最好在壩成一年後進行。

下面再談談土石壩和堆石壩：

土石壩由土和卵石或塊石堆筑而成。在土料少石料多的地區，基礎為岩石層時，採用這個做法最為經濟。壩的迎水坡部分用不透水或透水性較小的土壤填筑，背水坡用大卵石或塊石堆筑。為了防止滲水把土粒帶走，在土料與石料之間，也要採用像做反濾層的做法。下面是浙江省採用的土石壩斷面形式（圖 6）。

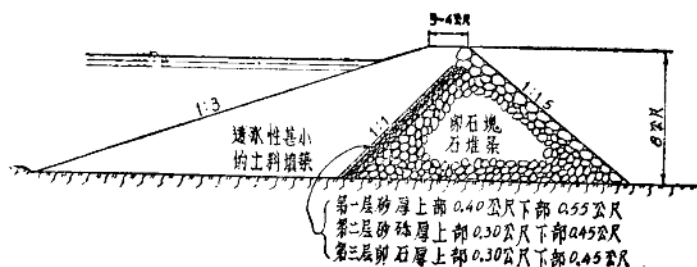


圖 6 土石壩斷面圖

堆石壩是完全用塊石堆成的，適用於采石便利而取土困難的地方。堆石壩的迎水一面要選擇較大的塊石堆筑，并用 1:3 石灰砂漿或水泥砂漿膠縫作為不透水層，它的基礎也要求是岩石層。圖 7 是湖南省採用的堆石壩斷面形式。