



基本語藏

27594

防汛的有力武器 ——倒濾設備——

馮國棟

18
164

中華全國科學技術普及協會出版

本書提要

隨着我國社會主義建設事業的逐步實現，我國的自然災害將日趨減少。但是，在過渡時期中，自然災害仍然是可能發生的，尤其是洪水災害。因此，防汛工作就不能不是長期的重要任務。

本書詳盡地介紹了用倒濾井、倒濾埝、倒濾溝等倒濾設備防止堤防淤積、管漏、脫坡、決口等險情的防汛新技術——從土壤中滲流的發生和它對土堤的破壞作用，控制滲流的措施和排滲的要求等基本原理解，講到倒濾設備的建造、使用 and 施工等技術措施。讀者掌握了這些知識，對做好防汛工作、戰勝洪水災害是有很大幫助的。

目次

土壤中滲流的發生和它對土堤的破壞·····	1
控制滲流的措施與排滲的要求·····	6
倒濾設備是什麼·····	8
倒濾設備的建造·····	9
倒濾設備的使用及施工·····	14
建造倒濾設備應該注意的各點·····	22
結束語·····	23

1954年的夏天，武漢市遭受了長江有記錄以來的最大洪水的襲擊，由於得到黨和政府英明的領導，全國人民的支援，十多万防汛大軍經過百餘天艱苦作戰，終於戰勝了洪水，確保了武漢——我國社會主義經濟，文化建設重點之一的名城。在戰鬥的過程中，由於羣衆的智慧，防汛技術發展到新的高度，不少新的防汛技術被提出來，而且在戰鬥實踐中証明了它們的實用性。用倒濾井、倒濾層或倒濾溝等倒濾設備去控制堤土中的滲流，防止堤防由滲流壓力所引起的險情（如浸漏、管漏、脫坡等）就是一個實例。

土壤中滲流的發生和它對土堤的破壞

土壤是由各式各樣大小不一的土粒集聚成的，土粒與土粒之間存在着無數大小和形狀不同的孔隙，這些孔隙又在極端錯綜複雜的形態下互相連通起來。這樣，土壤中就有著很多通道，水也就可以從這些通道流過，所以任何土壤都是透水的，也就是說任何土壤都具有透水性。不同的土壤由於土粒的性質、大小、形狀和排列情況不同，具有不同的透水性，有些土壤（像

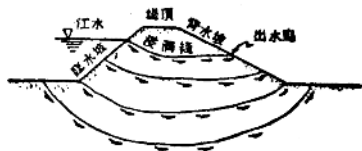
砂土)容易透水,有些土壤(像粘土)不容易透水。土堤是用土壤修築起來的一種建築物(我國的堤防多是這種建築物),所以也可以說凡是土堤都是可以透水的,這就是土堤堤身裏為什麼會有水流流過(叫做滲流)的基本原因。因而也就帶來了汛期土堤滲漏的問題,需要我們花很大的勞動來解決。

雖然上面已清楚地指出土堤必然具有不同程度的透水性,不同程度的滲漏問題必然發生,可是如果我們在築堤的時候,能夠選用適當的土料(例如略帶砂質的粘土),同時嚴格地遵照科學的原則進行堤防的設計、施工與保養工作,就可以大大地減輕土堤滲漏問題的嚴重性,甚至不足以成為我們在防汛時的一個鬥爭對象。關於選用築堤土料這個問題,我們常常因限於經濟條件,不能按照理想去做,一般只能採用當地的土料去修堤。正因為這樣,嚴格遵守科學原則進行堤防的設計、施工與保養就具有特別重要的意義。

但我國各地的堤防,絕大多數是舊社會遺留下來的。由於反動政府對人民生命、財產漠不關心,而修築堤防工程又是反動統治階級剝削人民財產的一種手段,所以無論堤防的設計、施工或保養工作都是敷衍塞責,馬虎從事。就拿保護漢口的張公堤來說吧,1954年大汛過後,人民政府為了確保漢口的安全把該堤很多險段徹底翻築時,就發現了堤身裏夾有好幾層碎石路面。這是由於以前反動政府在每次加高堤身時,沒有把它們挖掉就把土堆上去而遺留在堤身裏的。很容易想像到,堤身夾有幾層碎石層,堤的滲漏會多麼的利害,無怪汛期中堤身滲漏情況是那樣的嚴重,這就充分地說明了反動政府是用什麼態度去修築堤防了。又如荊江大堤通過汛後的查探,也發現數量驚

人的由於設計施工和保養不當而造成的漏洞。我國其他地方的堤防，也大都存有很多相似的弊漏。所以防汛時應密切注意土堤滲漏的發生並作好戰勝滲漏的一切準備。

在大汛時，堤外水位高漲，堤的臨水坡所受到的水的壓力大，背水坡的水的壓力小，由於堤內外水压力的不平衡，土堤又是透水的，水便可以从堤的臨水坡穿過堤身而從背水坡或堤內地面冒出，因而堤身土壤中就產生了滲流。水在土壤中流過時，因為受到土壤的抵抗，水流就對土壤發生了一種壓力，叫做滲流壓力。根據水動力學（註一）的原理，可以證明這一壓力的大小和堤內外的壓力差有直接關係，滲流壓力的作用方向是和水在土壤裏流動的方向一致，滲流在堤身和基地流動的情況與堤土中任何一點的滲流壓力作用方向，有如圖一所示。



圖一 土堤中滲流的流動方向（圖中的曲綫和滲流壓力的作用方向（箭頭）示意圖。

圖一中堤身裏最高的一條水流路綫（叫做流綫），就是堤的浸潤綫，

它在土中露出一點叫出水點，這綫對用土壤來建造的擋水建築物如土堤，土壩等有着很重要的意義。浸潤綫的位置，可以根據理論，試驗或現場觀測而加以確定，在這綫以上的土壤中，水是以靜止的狀態存在的。水不流動，土壤就不会受到滲流壓力的作用。在這綫以下的土壤中，水是流動着的，因而土壤就受到滲流壓力的作用。在浸潤綫以下的土壤是淹沒在水中的，土壤中的空隙全部被水充滿了，土壤便成為飽和狀態。如

果像圖一那樣，浸潤綫的出水點在堤的背水坡坡腰上出現，我們就可以肯定背水坡出水點以下的土壤是在淹沒而且是受水飽和的狀態中，同時這點以下的土壤，都有被滲流壓力推走的趨勢。這會發生甚麼後果呢？我們知道任何土坡因受重力的作用原來就有向下滑落的趨勢，當坡腳被水淹沒時，由於淹沒在水下的土壤，每個土粒都受到水的浮力作用着，土壤的重量便大為減小，因而整個土坡就變得頭重腳輕，更使土坡容易滑落。這樣，就會產生所謂脫坡的險情。又由於在浸潤綫以下的土壤受到滲流壓力的作用，每個土粒都有被滲流推走的趨勢，更加大了背水坡脫坡的危險。1954年汛期中，長江水位臨近最高峯前，武昌武青堤第八段堤的背水坡發生脫坡險情，搶險隊開始在坡腰打下了5公尺長的排樁，企圖制止在坡腰發生的脫坡，可是由於整個背水坡都因受到滲流壓力而不穩定，5公尺的排樁不久就被推歪，失了作用，險情繼續發展。再又在背水坡腳打下7公尺長的排樁，可是仍不生效，排樁也被推歪，脫坡情況更為惡劣，背水坡的滲漏情況也越見利害。最後，一方面在坡腳以外（在堤內地面而不在背水坡上）打下9公尺長的排樁，加固了坡腳；一方面在背水坡建造了倒濾設備控制滲流，該段的背水坡才穩定下來，乃得脫險。由此可見，滲流和脫坡是有着密切的關係的。當江水高漲以至堤內滲流壓力大到一定程度時，土粒就有被推走的可能。這時背水坡出水點以下坡面的土粒首先被推走，隨後堤內的土粒也就相繼地被滲流推動帶走。堤土受到這樣的沖蝕（顯然沖蝕是由背水坡表面開始逐漸向堤身發展而達臨水坡面），就會在堤身內形成一條空道。由於空道的逐漸擴大，滲流受到的阻力就逐漸減小，滲流對土粒

的冲刷就越加利害，空道也就越大。这样互爲因果地發展着，空道以上的土壤因爲失去
 支承而發生倒塌，整個堤
 身就会下姓而造成防汛中
 可怕的潰口險情。漢陽江
 永堤的仙女山橫堤的潰



圖二 土堤被滲流冲蝕的情況。

決，就是一個实例。这种險情的發展是有一定規律的，一般是由於滲流压力有了一定的大小，便在堤土中向較弱的部分冲出，於是土面就發現濕潤（防汛中叫做散浸），逐漸由於濕潤範圍內的土壤泡水時間較長，滲流压力又因堤外水位日漸升漲而繼續加大，土壤就變得更加鬆軟（用小竹竿可以毫不費力地插入土中，这种現象通常在堤的背水坡脚附近發現，常稱爲堤脚發軟）。当水位更高滲流压力更大時，滲流就从土質較弱的地方密集流出（防汛中稱爲散浸集中），土粒就可能被冲動帶走，形成了防汛最忌的管漏險情。由此可見土堤的散浸、發軟和管漏，實質上是由同一原因（滲流压力）所造成的險情的三個階段。这些情况的实例在武漢的堤段中差不多到处都可遇見。情勢尤其嚴重的有武金堤上段，武青堤下段，張公堤中段，小張公堤中段等处。冒水冒砂的管漏現象的發生，既然是由於滲流压力大到一定程度時的結果，所以隨便什麼地方，只要那兒的滲流压力有足够的强度，就可以引起管漏，並不限定在堤的內坡或堤脚。如漢口下游六合溝堤後百餘公尺的地面，也不斷的發生管漏現象，並因而造成跌窩（地面突然成窩狀下陷）等險情，就是一個很具体的例子。

如上所述，防汛中常常遇到的險情如脫坡、散浸、散浸集

中和管漏（包括防汛中很多特殊名称如青砂管漏等），都是由於滲流压力对土壤的破壞作用造成的。因此，如何去控制滲流，防止它的破壞作用和避免險情的產生，就成爲与洪水鬥爭中的一項重要任務。

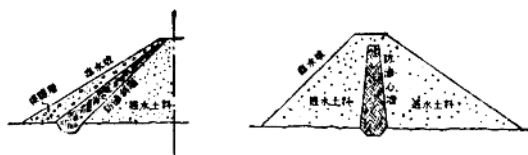
控制滲流的措施与排滲的要求

防止擋水用的土工建築物（如土堤、土壩等）受到滲流破壞的工程措施，應該根據兩個原則去設計与施工。第一個原則是尽可能不要讓水滲入建築物內部，如果能夠這樣做，就不會有滲流和滲流破壞作用的問題。但对土工建築物來說，這樣一個要求是不容易完滿地達到的。第二個原則就是設法讓建築物體內的滲流在不把土粒冲鬆帶走的條件下尽快地排除出去。滿足第一個原則的措施在工程上叫做防滲設備，滿足第二個原則的措施叫排滲設備。在工程上兩種設備的形式和造法有如圖三甲乙各圖所示。

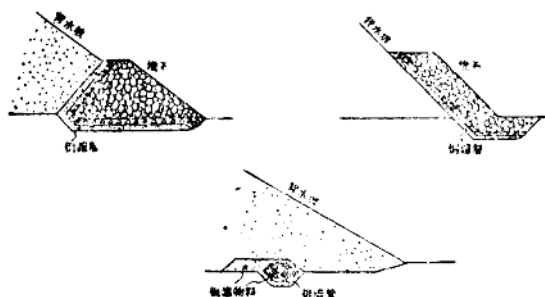
這兩種設備，前者使滲流不容易通過，後者可以使滲流的速度加大，都足以降低浸潤綫在建築物內的位置，因而加大了建築物背水坡的穩定性。這是任何擋水用的土工建築物都應遵守的原則，今後建造的土堤也應按照這些原則辦事，才可以全面地防止滲流的破壞作用。

防滲設備不是本文要談的問題，故不多說。对排滲設備如何才能有效地控制滲流，應該談一談有些什麼要求。

土壤是由土粒聚集而成的，土粒的性質、大小、形狀、排列狀況，都足以影响土粒会不会在它們中間穿流而過的滲流冲鬆帶走，某種土壤只能抵抗一定大小的滲流速度，要是流速



甲 防滲設備



乙 排滲設備

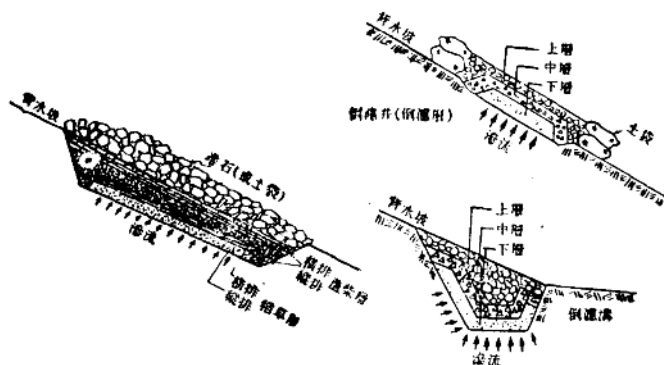
圖三 控制滲流的措施。

太大，土壤便会被冲散帶走。因此控制滲流的第一個要求，就是要使滲流的出口流速不致於太大；反过來說，如果讓滲流流得太慢或甚至不流動可不可以呢？这也是不成的。因為流速太小時，水的能力便越不能消失，水作用於土壤的压力也就越大。所以控制滲流的第二個要求就是使滲流的出口流速不致於太小。如果能够滿足這兩個要求的話，滲流就不会对土堤發生破壞作用。

倒濾設備是什麼

倒濾設備就是一種用砂石或別的代用品（如防汛中使用的蘆柴、稻草等梢料）建造起來的一種工程措施，對滲流有控制作用，並能滿足上節提出的兩個要求。圖四是倒濾井和倒濾溝的橫斷面圖。它們都是由數層顆粒大小不同的物料（如砂、小石、石子等）鋪疊而成的。每層所用物料的大小，都有一定的規格，各層物料之間也有一定的相互關係（見11頁（三）物料級配）。合格的倒濾設備，將可以有效地對滲流加以控制，把它建築在堤防可能受到或已經受到滲流破壞的地方，就可以防止或減輕滲流對土壤的破壞作用。這樣建造的倒濾設備，由於使用物料是砂石等物，防汛中有稱它為砂石倒濾設備的（見圖四乙）。

由於砂石等物料不一定隨處都可以得到，防汛時在很多的



甲 蘆柴倒濾設備 乙 砂石倒濾設備

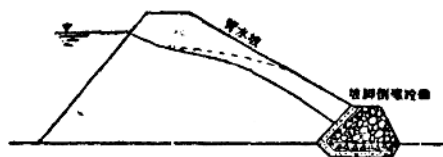
圖四 倒濾設備的斷面示意圖。

堤段中，有用稻草蘆柴等梢料去代替砂石，也收到了預期的功效，這樣的倒濾設備在防汛中被稱為蘆柴倒濾設備（見圖四甲）。

倒濾設備的建造

一、位置

倒濾設備有把擋水的土工建築物裏浸潤綫降低的效用，在土壩的建造中，通常就在壩的背水坡腳，沿壩身軸綫方向建造倒濾設備（圖五）。同樣的道理也可以应用到对土堤滲漏的問題上來。如果滲漏是局部的而且範圍很小（這是由於土質不一致，有局部的土質容易被滲流冲出的原故），我們就可以把倒濾設備像把膏藥貼在傷口上一般建造在滲漏發生的位置；如果發生滲漏的範圍不少，或甚至整段堤段由於設計不恰當，浸潤綫在背水坡腰上露頭，很大的一個區域普遍滲漏，堤土發軟甚至有脫坡的危險時，

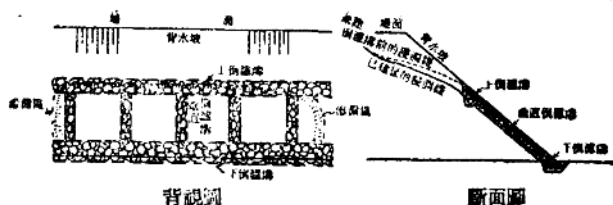


圖五 壩的坡脚倒濾設備。

（虛綫表示不設倒濾設備的浸潤綫）

就可以造面積較大的整個倒濾設備，或更經濟地像圖六那樣在堤的背水坡開挖足夠數量的與堤綫平行和與堤綫垂直的溝，在溝裏鋪放倒濾物料，來降低土堤的浸潤綫，消滅滲漏險情。

在背水坡腳所開的上下倒濾溝，它的深度可在 50 公分至 1 公尺之間，底寬在 1 公尺左右。垂直溝（也可開挖成斜的或



圖六 倒濾設備的位置。

交叉的溝)可較小些。各垂直溝之間的距離約在5至10公尺之間,看滲漏是否嚴重而定,滲漏嚴重時溝的間距可緊密些。

倒濾溝做得越大,埋入土下越深,收效就越大。但應該指出,當堤發生滲漏而須要修建倒濾設備時,必然是堤外水位已有相當高度,堤身已受到洪水一定程度的威脅,在這種情況下在原有的堤身老土挖溝,自然是一件值得慎重考慮的事。但我們不應有過度害怕的心理,以致倒濾溝的數量不夠多,挖得不够深或溝的大小不够,這都會使倒濾設備不能收到應有的功效或甚至不發生作用。經驗證明,如果我們能在開挖前作好一切準備,動工時嚴密注意有無新的情況發生,我們是有可能应付一切意外的。在開挖得較深時,如果發現滲漏轉變得更為嚴重,就要隨開隨修,以免開挖過多,在來不及填入倒濾物料時就發生事故。

二、形 式

倒濾設備的外形應該根據現場的需要決定。例如管漏的分佈,一般是一點一點的相隔較遠,為了省料,就可以每點獨建一個。這種點的治理就是我們防汛中所用的倒濾井;井的大小視管漏點附近濕軟地區的大小而定,以能將全部濕軟地區覆蓋

有餘爲度，井的外形可以是圓的，方的，多角的或別的任何形狀。

如果在某些堤段內，管漏點出現較多，各點相距較近，爲了省工可以把密集的點當作是一個面去治理，自然這時所需要建造的倒濾設備面積就比較大，所以就稱爲倒濾層。要是使用倒濾設備去控制一段又長又狹的地面下的滲流，同時又要把滲流引到指定的地點，那麼就得先把地土挖出一道溝，然後在溝中分層鋪砌倒濾物料，這就是通稱的倒濾溝。

由此可見，無論那種形式（井、層、溝）的倒濾設備，在原理上，結構上都是完全相同的，所不同的僅是結合現場的需要而作出不同的形式而已。

三、物料絕配（註二）

爲了收到防止沖蝕的功效，倒濾設備的任何相隣兩層（如圖四的原地土壤與下層，下層與中層，或中層與上層）的物料顆粒的大小，都應該有這樣的相互關係：就是上一層物料的空隙不能大到可以讓下一層物料的顆粒通過。不然滲流從倒濾設備中流過時，就會把下一層的物料帶走，仍然會發生沖蝕作用。這樣構造的倒濾設備，要防止管漏的發生或擴大，自然是不可能的。就另一方面來說，爲了防止淤塞，倒濾設備的上一層物料的顆粒應具有一定的粗度，讓滲流比較容易通過，滲流的能力才可以適當地削弱，滲流的壓力才能相應地減小。這樣，滲流才不致對土壤發生破壞作用。

倒濾設備的物料，不但層與層間顆粒大小的關係須有一定，而且每層物料的顆粒大小亦應有一定；下一層物料的顆粒必須較上一層所用的爲小。此次武漢建造倒濾設備所用的物料

爲：下層用細砂，中層用瓜米石（粗砂與細礫之間的小石），上層用分口石（粗礫與小石之間的石子）。

根據土壩倒濾設備設計的要求，砂石倒濾設備的選料工作，應經過土工試驗（註三）將原地土壤及擬用物料施行顆粒分析（註四）。但是要完成這些試驗，往往得花上一兩天的時間，這自然不是在防汛期中堤段已發現管漏的情況下所容許的事，所以我們事先就應該把堤防按土壤的異同分段，然後把由每段取得的土壤樣品交土工試驗室，逐一進行分析，決定某一段要造倒濾設備時，應用那些物料，並將所需的物料，堆存段內以備搶險之用。

倒濾設備各層中物料顆粒大小的級配是否合理，就是倒濾設備成功與失敗的主要關鍵。在這次防汛工作中，倒濾設備成功的不少，可是由於各層物料級配不得法而致失敗的情況也常發生。例如倒濾設備造好了不見有水流出；或初時出水暢通，後來便不出水；或有水流出，但水中帶有砂粒等等，大都是由於物料級配不得法的緣故。

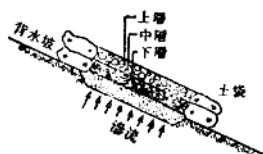
拿砂、石作爲倒濾物料是最理想的东西，因爲這些物料的顆粒大小很容易分級配合，也容易滿足倒濾設備物料級配的理論上的要求，而且這些物料本身無論處在什麼環境之下都不會腐爛。可惜的是這些物料不是任何防汛堤段可以隨便得到的东西，往往由於經濟上或時間上的不許可，我們無法採用這些物料。但是很早以前我國的勞動大眾就曉得使用梢料（稻草、蘆柴、柳條等）作爲引導堤身滲水的物料。1954年在武漢和荊江大堤的防汛工作中，也充分証明了把梢料用作暫時性的倒濾設備，是能夠收到預期的效果的。梢料的缺點就是空隙情況

难以確定，因而就無法進行較合理的級配。同時梢料又是会腐爛的东西，埋在土中腐爛了就会失去倒濾作用。但無論如何，在汛期拿梢料去解决緊急問題的價值並不因梢料存有上述的缺點而減低。

四、分 層

倒濾設備的主要作用之一，就是削弱滲流压力不讓滲流冲動土粒，以免造成管漏等險情。爲了達到這個目的，所以我們先讓从原地土壤（空隙最小）流出來的滲流通过空隙較大，透水較快的下層物料，然後相繼地通过空隙更大透水更快的中、上兩層物料；就是說倒濾設備各層物料应按一定的次序分層鋪砌，不能倒置。在这次防汛中，曾發現过個別施工單位，在建造倒濾設備時，也用了三種大小不同的物料，也分了層次，可是把瓜米石放在下層，細砂放在中層，分口石放在上層，這顯然是不合理的。這樣一來，瓜米石的孔隙太大，土壤的土粒会被滲流帶走而填入瓜米石的孔隙中，所以瓜米石這一層便沒有防止冲蝕的作用，而被滲流帶到

瓜米石孔隙中的土粒却通不过細砂層（如果這層砂的大小是合乎規格的話），於是土粒就会聚積在瓜米石層中慢慢將瓜米石層的孔隙淤塞了，所以瓜米石層也就失去了防止閉塞的作用，以致整個倒濾設備失去了效用。還有一點要注意的，就是各層的鋪砌方法應該使从任何方面流过倒濾設備的滲流，都要流經相同層數的物料，然後排出。所以倒濾設備各層的鋪放，應該像圖四乙



圖七 倒濾設備各層物料
的錯誤鋪砌法。

圖四乙

那樣，上一層的材料要把下一層的材料包蓋起來，圖七那樣的鋪砌方法是錯誤的。

用梢料代替砂、石去建造倒濾設備時，各種梢料的分層也應按孔隙小的材料放在孔隙大的材料之下的原則鋪砌。比如所用的梢料是稻草和蘆柴，就應該把稻草層放在蘆柴層的下面。無論稻草或蘆柴，都應將整把的梢料折散，有條有理地縱鋪一層橫鋪一層，儘量使得每層的孔隙均勻。又因為梢料的重量較輕，所以梢料的上面應該加壓石料或土袋（參見圖四甲）。

倒濾設備的層數和厚度應該依照滲流強度的情況而定，此次防汛工作中規定層數用三層，每層的厚度為 20 至 30 公分，在一般情況下，照這一規定所建造的倒濾設備，大都收到滿意的效果。在特殊的情況下，層數和厚度也可以酌量增大。

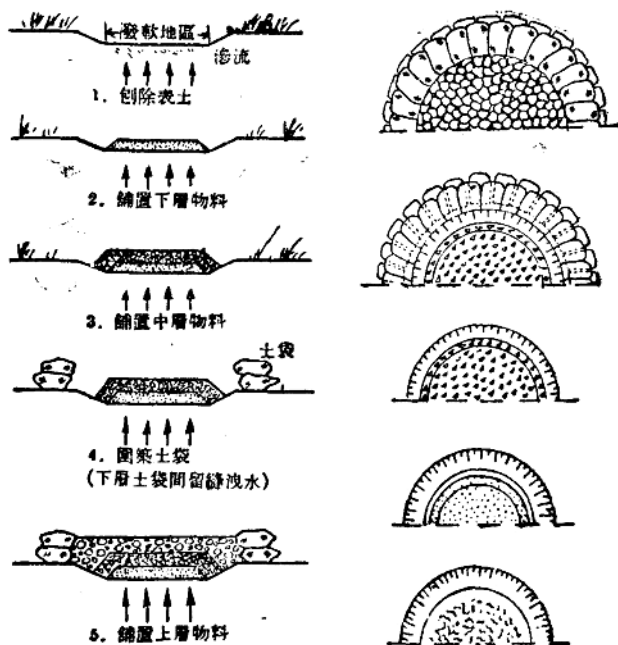
倒濾設備的使用及施工

一、用倒濾設備防止管漏產生

在堤的背水坡或堤內地面發現濕潤，土質變軟等現象，都是滲流壓力正在對土壤進行破壞的象徵，如果不及時加以處理，水位再漲而致滲流壓力變大時，便會在濕軟地區最弱點發生管漏。如果及時地建造倒濾設備，把這些濕軟的地區壓蓋起來，就可以控制滲流，防止管漏產生。

在管漏未形成前使用倒濾設備是最適當的時機，也最能有效發揮倒濾設備的作用，為了這個目的去建造倒濾設備的施工過程是這樣的：在發現濕軟或者已經發現冒水的地區（圖八 1），將表面濕軟的稀泥刮去一層（無須開挖過深，挖掘時應儘量勿使工人在稀泥上踐踏，以致加大和加深稀軟範圍。），

將下層物料勻整地撒鋪在開挖範圍內至達規定厚度爲止。新鋪物料層面切忌踐踏（圖八2）。然後將中層物料照規定厚度均勻鋪蓋於下層物料之上，注意下層物料表面四側是否完全被中層物料所包蓋（圖八3）。然後沿開挖範圍的周圍鋪放土袋兩層，下一層的土袋與土袋間酌留一公寸縫隙，中填小石料以便滲流排出（圖八4）。然後鋪放上層物料（圖八5）。



圖八 一般倒濾設備的施工过程。