

蘇聯高等教育部審定
公路高等院校教科書

山區公路特殊構造物

技術科學碩士、講師 K. X. 塔爾瑪巧夫著

人民交通出版社

蘇聯高等教育部審定
公路高等院校教科書

山區公路特殊構造物

技術科學部 講師 K. K. 塔爾瑪巧夫著
楊振清 黃京羣 譯
戚立德 校

人民交通出版社

本書主要敘述山區公路中的各種構造物（小型泄水構造物，擋土牆及護面牆、半山橋和懸出路台以及大中型橋）的設計、施工及計算等問題。對假隧道的構造及地震地區中人工構造物的設計等專門問題，也分章作了詳盡的討論。

代號：1103

書號：1077-京

山區公路特殊構造物

К.Х. ТОЛМАЧЕВ

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
НА ГОРНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

ДОРИЗДАТ

МОСКВА—1950

本書根據蘇聯道路出版社1950年莫斯科俄文版本譯出

楊振清 黃京羣 譯
戚立德 校

人民交通出版社出版
(北京安定門外和平里)

新華書店發行
慈成印刷廠印刷

1955年8月北京第一版

1955年8月北京第一次印刷

開本：31"×43"₁₆

印張：7²/₈張

全書：176,000字

印數1—2,600冊

定價(8)：1.13元

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號)

目 錄

前 言 序

第一章 山區公路上的小型泄水構造物

§ 1. 總論	7
§ 2. 在人工構造物前後的引水及出水河槽	9
§ 3. 涵洞的構造及強度計算	29
§ 4. 小孔徑橋梁構造及設計的特點	38
§ 5. 透水路堤	43
§ 6. 分流泄水及拋水泄水設備	50

第二章 山區公路上大中型橋的設計及建築的特點

§ 7. 總論	66
§ 8. 斜橋及彎道橋的設計特點	70
§ 9. 山區公路上的橋梁構造、設計及計算特點	82
1. 在山區的石橋、混凝土橋及鋼筋混凝土橋	82
2. 山區公路上的鋼橋及鋼旱橋的式樣	91
§ 10. 山區公路上橋梁建築的特點	93

第三章 山區公路上的擋土牆及護面牆

§ 11. 擋土牆	99
1. 石砌及混凝土擋土牆的構造	99
2. 鋼筋混凝土擋土牆的構造	113
3. 擋土牆的計算及設計	121
§ 12. 護面牆	129

第四章 半山橋和懸出路台

第五章 山區公路上的假隧道（明洞）

§ 13. 假隧道的基本形式及其構造.....145

§ 14. 假隧道的計算.....166

§ 15. 假隧道的建築.....171

第六章 山嶺地震地區中人工構造物的設計

§ 16. 總論.....174

§ 17. 地震地區橋梁及涵洞設計的特點.....177

§ 18. 地震地區擋土牆設計的特點.....182

譯名對照表

前 言

蘇聯國民經濟的發展，各民族共和國經濟及文化的增長，促進了我國各山嶺地區中汽車公路網的擴展。

在共產黨和約·維·斯大林同志親自領導下所執行的幾個斯大林五年計劃的勝利完成，保證了機械化建築的強大基礎的建立以及山區汽車公路的構造物在設計和施工上的技術進步。

在幾個斯大林五年計劃順利執行的過程中，蘇聯公路建築師們在社會主義競賽的基礎上已經建築了許多在結構和施工方法上表現出進取精神和創造力的構造物。

蘇聯內務部公路總局道路設計總局，特別是格魯吉亞分局曾在建立山區構造物的個別設計及標準設計方面完成了巨大的、卓著成效的工作。俄羅斯蘇維埃聯邦社會主義共和國公路局及中亞細亞各共和國的公路局的設計機構設計了許多合理的山區公路特殊構造物。

高加索、阿爾泰山及中亞細亞的山區公路建築師們修建了一些良好的假隧道，建築了數量甚多的涵洞、橋梁、棧道、擋土牆和其他的山區構造物。蘇聯工人及工程師們的這些成就使公路建築技術大大提高，減低了造價，並加速了施工過程。

鑑於道路建築中這一特殊部門的迅速發展，有必要將山區特殊構造物的設計和施工問題列入汽車公路學院的課程中。

我們的這本教科書《山區公路特殊構造物》是按照汽車公路學院公路建築專業學生的山區公路特殊構造物課程的現行教學大綱中的第Ⅱ及第Ⅲ部分和橋梁專業橋梁設計課程教學大綱的最後一部分編寫的。

本教科書未編入有關隧道的部分，這一部分是由獨立的教本來論述的。

有關山區汽車公路人工構造物的設計及施工方面的資料，到現在

爲止還是極其缺乏的。這種情況使得本書當論述山區公路構造物的構造、設計及施工的問題時，產生了一定的困難。

本書各章資料編述的性質，闡述的詳細和深入程度，係按大學生在修《山區公路特殊構造物》課程以前先修的《公路勘測設計》、《水力學》及《橋梁學》課程中所說明的內容來決定的。

因此，本書未編入關於人工河槽、涵管、橋梁和透水路堤的水力計算方法。這種編著方法也反映在本書僅僅論述山區公路構造物特性，而不涉及一般廣泛流行的施工方法。當編著 L 大中型橋梁的設計及施工特點 1 一章時也應用此一原則。

曾經特別注意到編輯有關假隧道的一章。假隧道的計算過去很少討論。在實際計算中，所採用的作用於假隧道上的荷載常常缺乏應有的根據。本教科書提供了作用於假隧道上的計算荷載的決定方法，這是由南高加索構造物研究院對多次雪崩的形成條件和作用的研究結果而制定的。

在本書中編入了 L 地震地區中人工構造物的設計 1 一章，這是教學大綱中沒有的。根據著者的意見，這一章應補充公路建築專業及橋梁建築專業所用的基本課本的不足，在這些課本中有關耐震構造物的設計問題是未曾提到的。

我應該對曾將原稿加以評閱協助的 E. E. 紀卜西曼教授、B. Ф. 巴布柯夫講師、A. A. 蓋爾卓克講師、П. A. 吳利斯工程師和 H. A. 斯洛溫斯基工程師以及曾對本書加以校閱的 O. B. 安德烈耶夫講師致以謝意。

著 者

序

在山嶺地區中公路路綫的特點一般是在公路的全長上有着多種多樣的地質情況。同時山區公路路基的穩定性，視路綫範圍內地形的穩定性和岩石層理性質而定。

在山嶺區中，其地勢往往是處於尙未完成形成狀態。地勢變化的基本原因是由於受大氣因素的作用，而此項因素的作用在山嶺區較之平原區是有些不同的。在一晝夜間溫度的劇烈變化，強大的陽光照射，大量的雨雪下降，所有這些都是地勢變化的原因。因此在山嶺地區中形成數量很多的岩堆、崩坍、山洪泥石流和滑坍等。

應該指出，當建築公路及其他工程構造物而進行土方作業時，因土體平衡及水文地質規律的破壞而引起的土體及岩石的移動是可能的，因為山區公路修築在短距離內高差極大的山坡上，往往切到含水的土層。

除了上述原因之外，通常由地震振動而引起的影響及地殼形成的過程也可以發生地形的變化。幾乎全部蘇聯的山嶺地區，對於公路建築來說，路基及構造物的地震穩定性問題都是迫切的。

山區水流的規律也有很大的不同。很多週期性及永久性的水流沿河谷的側坡流湍，造成更大的、由深谷中流過的山區河道。

山區中最普遍的是混合來源的水流。例如，在水流的上游水源是由融化的冰川來的，其下游由於雪的融化得到補充的水量，在最下游則是由週期性的雨水供應。因為在水流中各種形式的水源是發生在不同的季節，因此在山區河流中的洪水一年往往有數次。由各種水源所產生的河水有同時匯合的可能，這就使得山區河流通常具有流量和水位變化幅度較大的特點。

由於山區河流具有較大的縱坡，因此流速甚大。所以在山區的水流中很少看見水面冰凍；但因山區氣候嚴寒，故普遍形成河底結冰。

河槽迅速的變形（河岸的冲刷及冲積物的沉澱）乃是山區水流动性質對公路最有危害的情況之一。在山區及半山區的河流中，此種過程因其河槽具有較大縱坡及水流中甚大的動能而發展較劇，與平原水道有所不同。

任何山區水流的上游，其特徵是由土壤被侵蝕得甚深的河谷斷面所明顯表示出來的。在易被風化過程所破壞的岩石所在之處，在河流的中游及下游，流水的河谷有較平緩的坡度。在這些段落中一般都呈現河谷坡度減小，因而導致流速的減小；同時河槽的侵蝕由深向轉為側向。當河流由峽谷向山麓流出時，河谷驟然展寬，而流速降低，大都產生一些冲積土，水流往往分散為叉流，並出現所謂河槽的“亂流”。

如果公路建築在被切斷的、地質層理頻頻變換的山嶺上，當發現岩堆、崩坍、滑坍、甚至發現雪崩的情況下（此項雪崩可能是由於位於陡坡上的大量積雪的穩定性被破壞而發生的），為了保證路基的穩定及在公路上全年安全運行，必須建築數量甚多的特殊構造物。此外，公路與許多大小水流相交，需要建築許多大小孔徑的橋梁和涵洞。這些橋涵的孔徑應按通過流速甚大的水量的能力以及山洪泥石流及地震振動等的力學作用的穩定性來計算。在亂流河槽的山麓處的河流上架橋乃是最複雜的問題之一。

全部山區構造物按其本身的用途可分為下列幾類：

- 1) 當路線沿山坡通過時，因以保證路基的穩定性及用以減少土方的構造物；
- 2) 用以保護路基不受山洪泥石流、雪崩及石崩、冰堆及雪堆侵襲的構造物；
- 3) 泄水及排水構造物；
- 4) 河岸的加固工程；
- 5) 護欄。

山區構造物中特別複雜的形式是隧道^①，這是一種地下的構造物。

① 有關隧道的資料可參閱B. П. 伏爾柯夫所著《公路隧道》教本，道路出版社1950年版。（中文本高等教育出版社已於1955年3月份出版。）

用於保證山坡上路基穩定用的構造物有副堤、擋土牆。本身直接承受山坡上的路基重量的構造物有棧橋、半棧橋、懸出路台、半懸出路台。

要保護道路不受山洪泥石流、雪崩、崩坍的破壞作用，宜採用稱為泥石流槽的泥石流防禦堤（堤填）、擋雪牆及假隧道。

山區の泄水及排水構造物對於山區公路來說是特別重要的，因山區的水流、溪澗、河流都具有甚大的流速，並對路基的各部分引起強烈的破壞作用。泄水及排水構造物系統的正确設置，可以使路基在全年任何季節中保持完整。

建築下列各型構造物：橋梁、涵洞、透水路堤、高架拋水槽、過水路路面，可將水通過路基泄去並將水由公路上排除。

在山區公路中廣泛地採用着加固河岸的構造物，因為在許多情況下由於地形及地質情况的特殊，公路路綫將通過位於山區河流水位以下的台地上。在這些情況下必須設置像水堤、帶狀堤、排水堤等的加固河岸構造物，以保護公路免受冲刷，這些構造物是用柴束、枯枝填石結構、沉籠、混凝土墊褥及其他材料所做成的。

在山區公路中廣泛地設置用以圍住路基的護欄柱及護牆。這種圍護形式是為了保證在公路上行車的安全。

在山區公路構造物的設計及施工問題的研究方面，蘇聯的學者和工程師們是有巨大功績的。

В.Н. 耶夫烈依諾夫，А.А. 烏金楚斯及М.Д. 且爾托索夫諸教授創立了急流坡及跌水的水文計算法。Б.В. 左恩講師及 Д.А. 吳利斯工程師首先論述了山區排水的設計問題。

А.К. 畢路里亞教授在其專門著作《山區汽車公路》以及隨後在《汽車公路設計》一書中把山區特殊構造物的基本問題加以系統化。

近來甚為流行的透水路堤的理論及實驗研究上的功績是完全屬於下列幾位蘇聯學者的：Н.П. 普澤烈夫斯基教授、Н.Н. 巴夫洛夫斯基院士、М.Ф. 斯利賓教授、С.В. 伊茲巴士教授等。

В.В. 葛里戈利耶夫教授在旱橋的設計及其靜力作用的實驗方面有着偉大貢獻。

關於輕質混凝土所製的橋梁拱圈，其靜力作用問題，K. C. 扎夫里耶夫院士曾作了理論研究。H. A. 斯洛溫斯基工程師——他是許多山區橋梁的設計者和建築者——研究了用輕質混凝土製造的、具有剛性鋼筋的橋梁建築所引起的有關問題。

我國學者在懸索橋及網索橋的新的式樣的創立方面獲得了極大的成功，這些橋梁是在山區廣泛採用的。在這方面C. A. 查布林工程師、E. И. 克雷利佐夫工程師及B. A. 羅斯諾夫斯基教授均作了基本研究及理論探討。

南高加索構造物研究院曾就假隧道上雪崩的動力作用問題作了寶貴的總結，此項工作是在K. C. 扎夫里耶夫院士領導下完成的。

地震地區構造物設計理論的探討方面，K. C. 扎夫里耶夫院士、C. A. 別爾恩什坦教授、B. O. 茨朔赫爾教授、A. 那扎洛夫教授及Г. M. 羅米茲教授等都作了重大的研究。

這些還遠不夠全面地列舉出的我國學者們的成就，說明了在山區特殊構造物的設計、計算及施工等問題的研究方面，蘇聯是最先進的國家。

無庸置疑，由於蘇聯學者及工程師們、生產上的斯塔哈諾夫工作者和先進的技術革新家們的創造性的主動精神，必將在最近的時期內建立一種新的、更經濟的山區特殊構造物的結構和更完善的施工組織方法，從而大大地降低公路造價。

第一章 山區公路上的小型泄水構造物

§1 總 論

排水工程的任務為排除直接降落在公路路基上的及降落在公路附近的匯水面積（匯水區）中的雨雪。在平原地區的排水可能有這樣的困難，即根據地勢情況不可能給予旨在保證相當大的流速的排水溝及分流泄水構造物所必要的縱坡度。

在山區公路中的排水設計條件與平原地區根本不同。在山區中，其特點是有較大的橫向及縱向坡度，在排水工程中與平原區建築公路有不同的困難，即是在設計中所遇到的流水具有較大的流速。在山區公路中由當地顯著的地勢所引起的排水設計的特點將受山區氣候的影響而更加複雜。強烈的冰雪溶化、巨量的暴雨和較大的斜坡相配合便形成流量相當大而帶有巨大破壞力的水流。因此在山區公路中不僅應廣泛設置引水通過路基的構造物，並須設置削減水流的能量、防止河槽被冲刷及路基被淘空的構造物。

在山區公路中大量建築用以引水通過路基的涵洞和一些小孔徑的橋梁。小孔徑的橋涵建築在公路和流量比較小的永久性水流或週期性水流交遇之處，用以宣洩由截水溝及邊溝所匯流的水，從路基的一面引導到另一面。

小型排水構造物在平面中無論如何應儘可能垂直於公路中軸綫，因為這種位置一般來說其造價最小，而工作條件也最好。但是這樣的解決辦法只有河溝和公路正交或具備特殊的導流工程時才有可能。斜交的構造物不僅由於長度的增加，並且由於斜形的洞口建築較之一般情況者體積增加以及製造上的複雜而使造價增加。

彎曲的河槽與公路相交便有將其取直的必要。取直的河槽中軸綫應根據上述原則，儘可能垂直於公路中軸綫。如涵洞或小跨徑的橋梁預定僅用於宣洩由截水溝所匯集的水，則這些橋涵常常是可以垂直於

公路中軸綫的。

泄水涵洞的長度是由涵位處的填土高度來決定的。填土愈高，涵洞愈長。因此爲了縮短涵洞長度，有時爲了使涵洞基底較好，在某些情況下把涵洞中軸(如圖1所示)由河溝移至側坡上。如本例所示沿着 AB 軸建築的涵洞減少其長度 $1/1.5$ ，其基礎情況亦大爲改善。應該首先說明：移在山坡上的構造物，由於縮短涵洞長度及減低基礎工程造價所取得的節省並不是絕對的，因爲隨着這種解決方式的同時，由於調整水流及整平舊河槽而引起了支出。因此將涵洞中軸移向山坡上的可能性應根據每一個別情況全面考慮技術經濟而決定。同時，應該特別注意到路堤上游斜坡的部分淹沒情形，它不可避免地會引起路基下部幾乎經常濕潤。

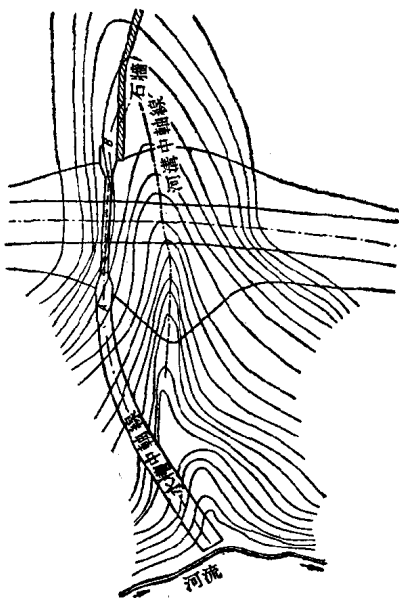


圖1 移至山坡上的涵洞

在山區中的泄水構造物大都建築在很陡的斜坡上。普通河溝的坡度爲10~30%或更陡一些。因此必須考慮到通過構造物的水中含有懸浮的和被挾帶的沖積土，而預先規定一種保證能夠排除淤積的構造物結構，並選擇善於抵抗沖積土運動所引起的磨損的材料。

在山區公路的各種涵洞中或小橋下的槽底採用三種形式：

a) 爲跌水式的槽底(圖2,a)，

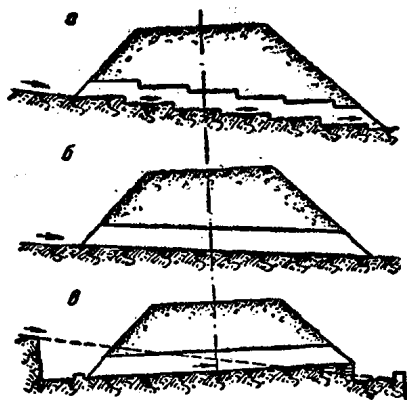


圖2 涵洞縱斷面圖：a-跌水式槽底；b-傾斜的急流坡槽底；c-小坡度的槽底

這時槽底的總坡度等於河溝或山坡的天然坡度；

6) 爲急流坡形式的槽底其坡度與當地天然坡度一樣或接近天然坡度(圖2,6)；

B) 爲小坡度的槽底，在涵洞進水口和出水口處都建有消力設備。

§ 2 在人工構造物前後的引水及出水河槽

在山區中一般都是把水流導至泄水構造物中去，就中對於小橋和涵洞則利用人工河槽。人工引水河槽常常設在接近構造物附近有較大的天然坡度處，因爲在較大的流速下河床遭受到強烈的破壞并要求保護其免被冲刷。爲了保護公路路基的下游邊坡及泄水構造物的出口部分，往往也設置人工的出水河槽，其構造與引水河槽沒有分別。

人工河槽的截面應由水力計算決定。設計得不正確的進水河槽可能損壞，而在大多數情況下還會引起泄水構造物本身的損壞。

對於引水河槽的正確設計，不論在水力方面或構造方面，以及對於選擇合理的方案，必須都予以注意，因爲這些構造物的造價比較大。在許多場合下引水河槽的建築費接近於主要構造物（涵洞、橋梁）的造價，而有時甚至超過。

引水河槽在平面上應使能接受沿着山坡流向河溝中的流水，并將其引入涵洞或橋梁中。這時人工構造物的水槽便成爲人工河槽的接續部分。此項要求迫使引水河槽的佈置要和河溝的形勢及泄水構造物的位置相結合。

人工引水河槽應能保證全部流量無溢出地宣洩。滿足此項要求時，將有可能避免洪水在人工河槽的外面沿着天然河溝通過，因爲這會在路堤坡脚附近產生冲刷并有造成第二條引水河槽的危險，而後者與泄水構造物洞口的連接又是不適當的。

爲了匯集沿着山谷流出的全部水流到人工河槽中，在人工河槽的頭部應設置特殊的集水設備。

在橫斷面形狀平坦的，而又具有不明顯的邊岸的河溝中，宜用橫向水渠以匯集全部流量（圖3），此項水渠橫截水流并將其導至與人工引水河槽的水槽直接相連的縱向主渠中。兩側渠道的橫截面一般以宜

洩河溝中全部流量的一半計算。縱向水渠的橫截面以宜洩全部流量計算。

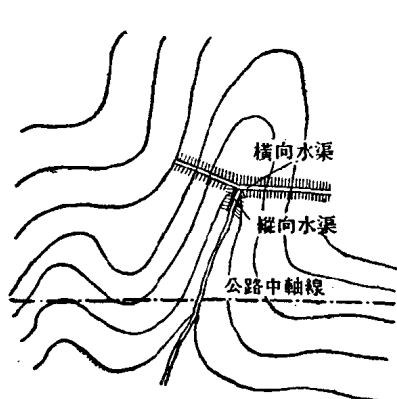


圖3 用縱橫水渠引水至人工河槽的佈置圖

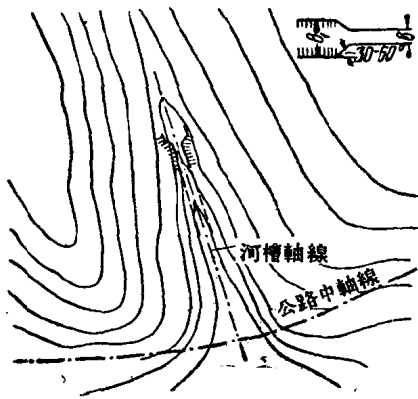


圖4 人工水渠的漏斗形洞口

在橫斷面陡峻的河溝中，而又具有明顯的、較高的邊岸者，僅建築漏斗形的洞口建築以匯集水流至人工河槽中（圖4）。漏斗形的側牆與人工引水河槽的縱牆成 30° 至 60° 的傾角。漏斗的進口截面的寬度及洞口建築牆的高度應能保證當最高水位時，全部流量導至人工河槽內。

如果河溝的寬度很大，特別是溝底為各種能促成河槽變更的軟弱土壤時，宜用混凝土築的或石砌的進水攔牆（攔水埧）（圖5），有時亦用土堤或木企口板樁排以代替進水渠的漏斗形洞口。此項進水攔牆應橫跨水流泛濫的全部寬度直接和河溝的邊岸相連，並應高出最高的背水位（擁起水位）至少50公分。

在進水攔牆中留出一個泄水的孔道，其尺寸及形狀應與人工引水河槽的頭部截

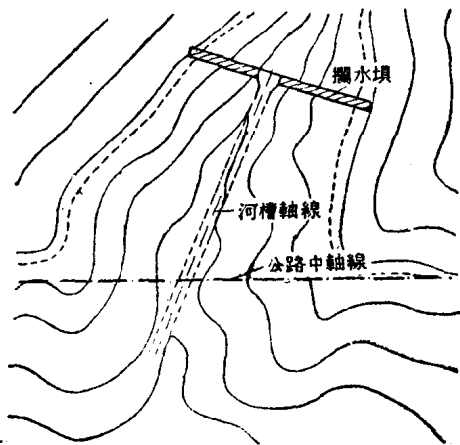


圖5 河槽頭部與攔水埧連接圖

面準確配合，并以能通過全部最大流量來計算。

按照長度基本部分的縱斷面形狀，池水構造物的人工引水河槽可分為（圖6）急流坡，即水槽的坡度大於臨界值者，及跌水（多階式及單階式）。跌水又視河溝的坡度分為有靜水池的及無靜水池的二種。

急流坡的槽底在終點一般都設有消力設備（緩衝設備），此項消力設備可用靜水池或跌水牆做成（圖6a）。

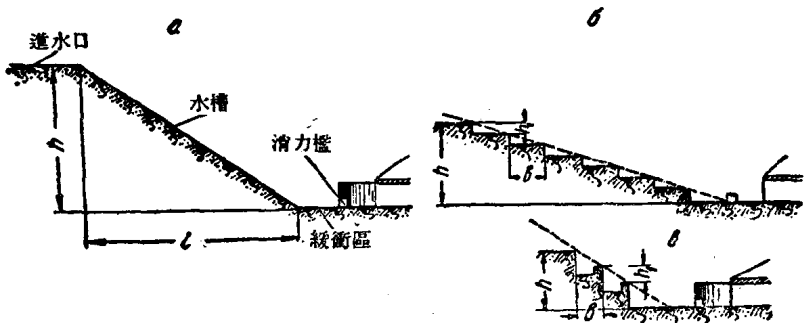


圖6 人工河槽的縱斷面圖：

a-急流坡； b-台階式跌水； B-帶有靜水池的跌水

在各種台階式水槽中，其水能的削減由每一台階完成。

在單階式跌水中有下列各部分：進水部分，跌水牆及消力設備，靜水式的消力設備，經水躍而削減水能，或為長台階式者，通過摩阻而削減水能。在多階式跌水中把總落差分成若干段。因此把一個跌水牆改為若干個牆，同時形成多階形縱斷面。

引水河槽在其全部長度上不必用一律的形式。如河溝坡度沿長度變化，則引水河槽可採用混合的形式。例如，圖7a所示為兩個坡度各

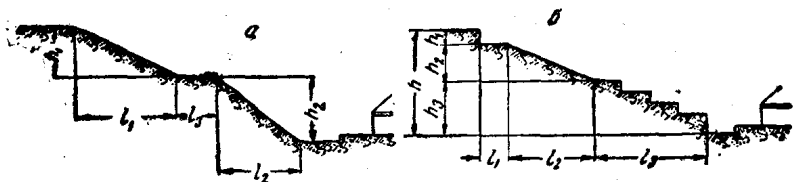


圖7 人工河槽的混合式縱斷面圖：

a-坡度變更的急流坡； b-急流坡及台階式跌水

不相同的急流坡所組成的人工引水河槽縱斷面圖，在兩段中間用靜水池連接。也可以如圖76所示用急流坡及跌水混合組成。

上述混合水槽的舉例，當然，不是包括引水河槽構造所有的形式，後者是根據各種具體情況從河槽的縱斷面着眼來採用的。

引水河槽的橫截面，視其側牆加固結構的材料分為：長方形（圖8,a），梯形（圖8,b）或混合形（圖8,B）。

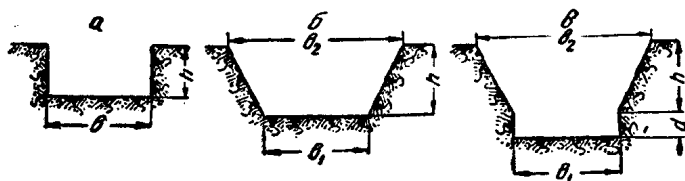


圖8 引水河槽橫截面圖：
a-長方形；b-梯形；B-混合形

引水河槽橫截面的寬度普通按容許的流速而定，即視急流坡及跌水式人工河槽的槽底及側牆的加固形式而定。

在某些情況下，特別在跌水式引水河槽中，河槽的寬度設計為變化的。例如，如圖9的舉例所示，上游等於 b_1 的跌水檻寬度順流而下逐漸加寬到 b_3 。

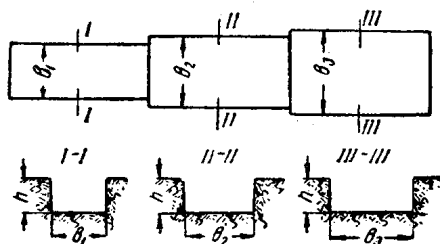


圖9 截面變化的水槽

引水河槽加固型式的選擇，不僅應從技術因素，而且

應從經濟因素來考慮，從技術觀點上正確的及經濟方面最有利的判斷，可通過編製幾個引水河槽構造的比較方案并將其加以比較選定。

例如，如果我們採用在構造方面簡單的，其極限計算流速小於2.5公尺/秒的便宜的加固形式，則不能使人工河槽具有較大的坡度及較深的水流，因此，利用這些加固形式來建築的引水河槽應有很大的寬度；而在某些情況下採用這種形式必須將河溝的各別地段做一些旨在減小縱坡的整平工作，這也就導致建築削減水能設備的必要性。