

洞涵公路

技術科學碩士·工程師

Н·Х·塔爾瑪巧夫著

中央交通部公路總局譯

人民交通出版社

551

5/4411

K18

167420

技術科學碩士・工程師

K・X・塔爾瑪巧夫著

中央交通部公路總局譯

洞 涵 路 公

人民交通出版社

公路技術叢書之十

公路涵洞

ТРУБЫ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДОРОГАХ

原著者 К. Х. ТОЛМАЧЕВ

翻譯者 中央交通部公路總局

原出版者 蘇聯公路出版社

一九四六年莫斯科版

譯本出版者 人民交通出版社

(北京·北兵馬司·一號)

發行者 中國圖書發行公司

(全國各地)

全書202,500字

印數 1—— 6000 冊

1953, 7. 30 初版

定價15,000元

本書系統地介紹公路鋼筋混凝土涵洞、石涵洞（混凝土涵洞）及木涵洞的修建、計算、設計與構造等資料；並重點闡述平面及斷面上涵洞的設置問題，涵洞的水力及其他設計問題，特別着重在確定和涵洞洩水量有關的涵洞式樣和構造。

本書根據蘇聯公路出版社（дориздат）出版的塔爾瑪巧夫工程師（инж. к. х. толмачев）著「公路涵洞」（трубы на Автомобильных дорогах—проектирование, расчет и сооружение железобетонных, каменных и деревянных труб）1946 年莫斯科版譯出。翻譯者：顧玉琇，校核者：潘維耀。

緒 言

在汽車公路上修建涵洞具有很重要的意義，由於道路常常與很多小河及窪地相交叉，所以修建小孔徑構造物的工程數量、長度及造價都大大超過了大型構造物的工程數量。但是關於介紹汽車公路上修建及設計涵洞的完善書籍，無論是俄文的或其他外國文的都很缺乏。

本書系統地介紹了公路鋼筋混凝土涵洞、石涵洞（混凝土涵洞）及木涵洞的修建、計算、設計及構造等資料，本書主要的是敘述平面及斷面上涵洞的設置問題，涵洞的水力及其他設計問題，特別着重講到洞口，其式樣及構造可以確定涵洞的洩水量。

書中未談到在陡坡上及山嶺區修建涵洞的問題，因為此類問題較有專門性，通常都另在山嶺區道路的設計及修建的叢書中來敘述。

本書可作為施工工程師及設計工程師之指導叢書，也可作為汽車公路學院學生的教科書。

講師M·H·庫德里亞茨夫在第二章內給了很多幫助，特致謝意；講師E·B·克魯傑茨基在該章中也給了不少幫助，工程師П·М·柯畢茨在審閱此書時提出了寶貴的意見，均此致謝。

目 錄

緒言

第一章 涵洞概論

- 一 涵洞的結構部份及分類..... 1
- 二 涵洞與橋的比較..... 5
- 三 斷面及平面上涵洞的位置..... 10

第二章 涵洞的水力計算

- 四 涵洞水力計算的原理..... 17
- 五 求流向涵洞的水量..... 18
 - 1. 急雨後的逕流
 - 2. 溶化水（雪水）的逕流
- 六 計算涵洞的宣洩能力及孔徑..... 26
 - 1. 水流的自然情況
 - 2. 選擇無壓力式涵洞的斷面及鋼筋混凝土圓涵洞的宣洩能力
 - 3. 矩形斷面涵洞的宣洩能力
 - 4. 卵形斷面涵洞的宣洩能力
 - 5. 壓力式涵洞的宣洩能力
 - 6. 加固涵洞進口及出口處的河道

第三章 涵洞的洞口建築

- 七 確定洞口建築及其結構..... 44
 - 1. 直涵洞洞口建築
 - 2. 斜涵洞洞口建築
- 八 洞口建築部材的靜力計算..... 57

第四章 鋼筋混凝土涵洞

九	鋼筋混凝土涵洞的式樣及結構	63
1.	版梁式蓋頂涵洞	
2.	剛構式鋼筋混凝土涵洞	
3.	拱形鋼筋混凝土涵洞	
4.	圓形鋼筋混凝土涵洞	
5.	交通人民委員會列寧格勒中央研究站的裝配式鋼筋混凝土涵洞	
十	設計及計算鋼筋混凝土涵洞	92
1.	求設計涵洞的基本尺寸	
2.	求作用於涵洞的外力	
3.	計算涵洞斷面上發生的內力及應力	
第五章	石涵洞及混凝土涵洞	
十一	石涵洞的式樣及結構	129
1.	涵洞的橫斷面	
2.	涵洞縱向的結構	
十二	設計石涵洞及混凝土涵洞	136
1.	作用於涵洞之力	
2.	涵洞拱的輪廓	
3.	涵洞拱的厚度	
4.	涵洞的基礎	
5.	涵洞的長度	
十三	石涵洞及混凝土涵洞的計算	148
1.	計算拱	
2.	計算涵洞拱斷面上由溫度發生之力	
3.	考慮基礎下地基的變形計算涵拱	
4.	計算涵洞的基礎	
第六章	木涵洞	
十四	木涵洞的式樣及結構	171

1. 三角形斷面涵洞
2. 直角形斷面涵洞
3. 梯形斷面的涵洞
4. ЦИС式直角形涵洞
5. 圓形木涵洞

十五 計算木涵洞..... 179

1. 計算三角形斷面涵洞
2. 計算直角形及梯形斷面涵洞
3. 計算圓形斷面的涵洞
4. 計算ЦИС式涵洞

第七章 涵洞建築

十六 建造就地澆築的鋼筋混凝土涵洞（版式與剛構式）...191

1. 澆築鋼筋混凝土涵洞所用的鷹架及模型版
2. 配備及綁紮鋼筋
3. 版式及剛構式涵洞澆築混凝土

十七 配製圓形鋼筋混凝土涵洞管節及就地設置 201

1. 涵洞管節配製基地的組織
2. 澆築圓形涵洞管節所用的模型及其配製
3. 準備鋼筋及安置於模型中
4. 澆築涵洞管節
5. 運輸管節及其砌築工作

十八 石涵洞及混凝土涵洞的施工 220

1. 涵洞石拱及混凝土拱所用的拱架
2. 砌築石涵洞拱及洞口建築

十九 修築木涵洞..... 230

1. 在枕木支座上修築涵洞
2. 修築直角斷面、梯形斷面及三角形斷面框架式涵洞
3. 修築圓斷面木涵洞

第一章

涵洞概論

一 涵洞的結構部份及分類

人工構造物是道路上造價最高的部份，其價值佔道路總造價的10—40%。構造物中大部份為小跨徑橋及涵洞，表—1 所列為汽車公路上橋梁分佈的情況。

汽車公路上橋梁依跨徑尺寸的分佈情況 表—1

分佈性質	依跨徑尺寸，橋梁之數量以%計			
	至3公尺	3—4公尺	4—5公尺	5公尺以上
依橋之數量	79.7	17.0	2.24	1.06
依 里 程	53.0	27.8	12.25	6.95

由表中可見，橋的數量的 79.7% 及里程的 53%，係跨徑不超過 3公尺的構造物。橋依跨徑尺寸的這種分佈情況，是完全可以理解的。因為道路經常與許多小河及窪地相交叉，為了由路基一側流水至他側必須修建小孔徑的構造物。因此，在絕大多數的情況下就需要修建 2—4 公尺的單跨徑橋及涵洞；而後者又佔了小跨徑人工構造物數

量的很大百分比。

用來宣洩路堤下的水，而且本身有填土的人工構造物者，叫做涵洞。涵洞與小跨徑橋一樣，係為宣洩小量流水而修築。圖1所示為涵洞的縱斷面及其正面圖。

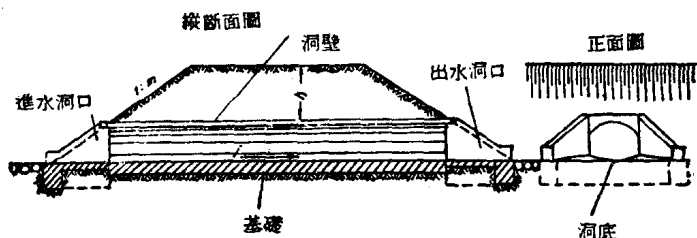


圖1 涵洞略圖

涵洞構造的基本部份為：洞壁、洞口及洞底。

涵洞壁承受垂直及橫向土壓力，並為形成必要孔徑之用。

洞口為連接洞壁及填土路基邊坡，並保證水流正常通過涵洞：位於涵洞上游的洞口叫做進水口；位於下游的叫做出水口。洞底形成槽狀，以便使通過涵洞的水經其上流過。洞底的構造及修築洞底所用材料，應視水流速度來確定。涵洞的洞壁及洞口應修建於能保證整個構造物的穩定性及強度的基礎上。

於填土路基中安裝涵洞的方式是這樣：即涵洞上有厚度為 h 之填土（見圖1），以能保證分散由汽車車輪傳達的集中壓力，並削弱載重對涵洞的動力影響，且可與路面形成一致性。在現有標準圖中，推薦採用填土厚度應不小於0.5公尺。

涵洞根據所用材料、斷面式樣、孔徑數量及水力的性質分類如下：

A. 根據涵洞所用材料有：

1. 木涵洞；
2. 鋼筋混凝土涵洞；

3. 石涵洞；
4. 混凝土涵洞；
5. 金屬涵洞；
6. 缸瓦管。

石涵洞係由乾砌或漿砌修築而成。

金屬涵管係由綑紋鐵或鑄鐵所做成。

在汽車公路填土路基下修築涵洞，廣泛採用上述材料所做的各種涵管，但缸瓦管除外。缸瓦管僅係為修築盲溝之用。

6. 依斷面形狀，涵洞有下列各種式樣（見圖2）：

1. 圓形涵洞；
2. 卵形涵洞；
3. 拱形涵洞；
4. 梯形涵洞；
5. 正方形涵洞；
6. 三角形涵洞。

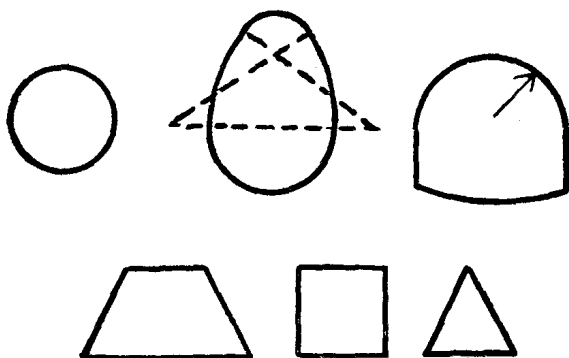


圖 2 涵洞橫斷面的式樣

涵洞斷面的式樣，應保證構造物有足够的抵抗填土壓力的靜抗力，並造成水通過涵洞的良好條件。斷面的式樣根據修築涵洞所用材

料的機械屬性及其建築屬性而定。例如用鋼筋混凝土可以修築任何式樣橫斷面的涵洞。塊石砌築及混凝土僅能抵抗壓應力，准許採用為修築拱形及卵形斷面的涵洞使用。鐵涵洞僅有圓形斷面，木涵洞可能為梯形，正方形及三角形的斷面。

B. 根據孔徑數量，涵洞可以分為：

1. 單孔式；
2. 雙孔式；
3. 三孔式及多孔式。

設置雙孔、三孔及多孔式涵洞以加大其宣洩能力，應採用標準孔徑的管節。

Г. 根據水力性質，涵洞有兩種基本式樣：

1. 無壓力式涵洞（圖 3a）；
2. 壓力式涵洞（圖 3б）。

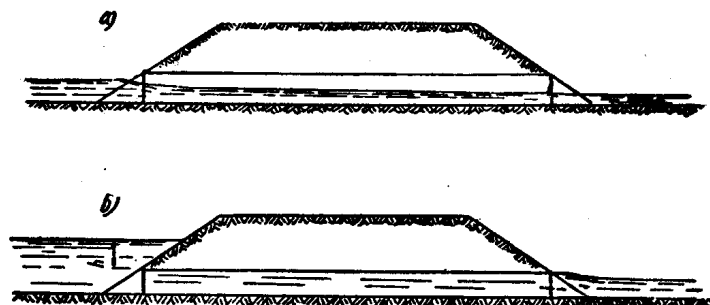


圖3 壓力式及無壓力式涵洞中水流之略圖

a 無壓力式涵洞 б 壓力式涵洞

無壓力式涵洞通過的水量不充滿整個斷面，其斷面最高點通常為超過匯水線內最高水位。

壓力式涵洞的設計排水量小於實際流向涵洞的水量。因此，在洞口前便形成水流積聚現象，水位高於涵洞斷面的頂點而形成水壓高度

（見圖 36）。此種式樣的涵洞是用全部斷面排水，並且由於上游水壓而使水流的速度大為增加。由於上述關係，當宣洩同樣水量時，壓力式涵洞所需的孔徑較無壓力式涵洞為小。壓力式涵洞的特點，是必須特別仔細加固填土路基邊坡，免受冲刷。

二 涵洞與橋的比較

關於修建橋或涵洞的問題，在個別情況下應根據技術經濟的比較來解決。

涵洞在使用方面比小跨徑橋有一個優點，即設置涵洞時可保持路面的一致性，且當路上車輛通過涵洞上面時不會遭受顛簸，但如果走上或走下橋時，却會遭受此種顛簸（石橋除外）。此種現象，在改善橋與填土路基連接結構時可以減小，但因為必須要連接兩種具有不同彈性的物體，所以完全消除顛簸是不可能的。

從用於修理上的必需費用的數值來看（木涵洞除外），也較優於同樣跨徑的橋。涵洞通常有洩水槽，係用塊石鋪砌或塊石（混凝土）砌築而成，這樣可以容許高速的水流通過（流速至 5 公尺/秒）。當洞

口前形成背水 $h_n = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}$ 時，全部使用斷面水流之速度及流量都加大，故當同一水量時涵洞所需的孔徑比橋要小。

圖 4 為各種水流速度時涵洞及橋的流量比較圖，由圖中可見，各種孔徑的涵洞的流量曲線位於橋的流量曲線的左方。當涵洞孔徑稍稍增大時，其宣洩能力就迅速增加。同樣的宣洩能力對橋來說，只有在天然河床的容許流速下把橋的孔徑相當加大後方能取得；只有用人工加大橋下流水的深度才有可能減小橋的孔徑。加深水流深度後，流速增大，需要加固橋下土壤。如為單層鋪砌加固時，容許流速為 2.5 公尺/秒，並如圖所示，當橋孔小於 1.3 公尺時，流量大於圓形斷面涵洞中的流量。由上圖（圖 4）所示可得一結論，即同一流量時涵洞的孔徑經常小於橋的孔徑，這是涵洞比橋具有經濟優點的因素之一。

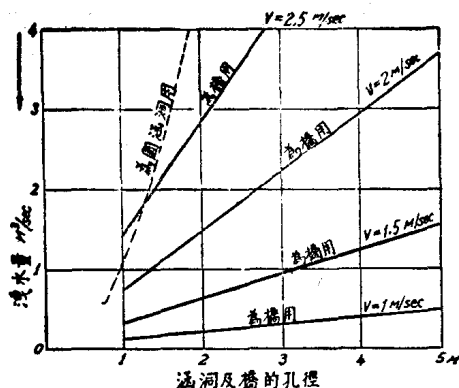


圖 4 涵洞及橋中流量的比較圖

牆（如橋台帶有邊坡翼牆時）或後牆尺寸增大的關係（如橋台帶有後牆時）。圖 7 所示為修築跨徑 4 公尺的橋及各種孔徑涵洞所必須的材料數量。

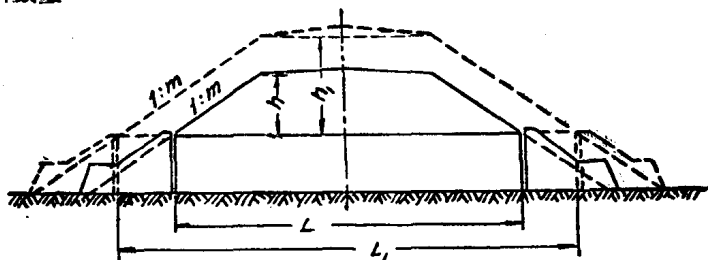


圖 5 視路基高度加大而加長涵洞圖

繪曲線圖時（圖 7），鋼筋混凝土上部構造橋台及涵洞的工作數量，乘以係數 $K = \frac{S_{\text{橋}}}{S_{\text{涵}}} = 3$ ，而增大。式中： $S_{\text{橋}} - 1\text{m}^3$ 鋼筋混凝土的價值， $S_{\text{涵}} - 1\text{m}^3$ 塊石圬工的價值，由所列之鋼筋混凝土圬工數量換算為塊石圬工的數量，可利用圖表概略比較修築涵洞及橋所用

材料的數量。

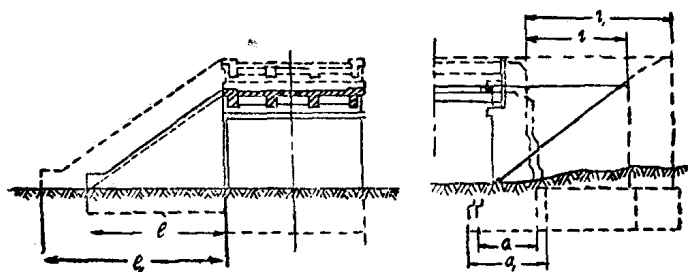


圖 6 根據填土高度的增加而增加橋台工程數量

由圖表中（圖 7）可作出下列結論：

a) 填土路基增加高度時橋的圬工數量較涵洞增加的多；
b) 任何填土路基高度時，鋼筋混凝土圓涵洞的圬工數量較其相當的橋為少；

c) 當填土路基高度適宜圬工數量最小時，孔徑 0.75 公尺及 1.5 公尺的石涵洞較橋為適宜；

d) 當填土路基高度大於 4 公尺時，孔徑 2 公尺的石涵洞比孔徑 4 公尺的帶有鋼筋混凝土橋台的鋼筋混凝土橋為適宜。

除此以外，圖中指明由於填土路基高度不夠，而不能修築石涵洞時，必須築橋。例如，石涵洞僅當填土路基最小高度為 2—4.5 公尺（視涵洞孔徑而定）時，始可修築。但石版橋及鋼筋混凝土版橋當填土路基高度為 1.5 公尺時，即可以修築。

當選擇涵洞結構時，其決定因素之一為涵洞設置地點的地質情況。如果地質條件不良時，石涵洞就需要修築較鋼筋混凝土圓涵洞為高級的人工基礎。

上圖所示的資料，應在每一具體情況下，不僅根據地質情況，並且應根據其他當地情況予以校正（有石料，缺乏水泥等）。

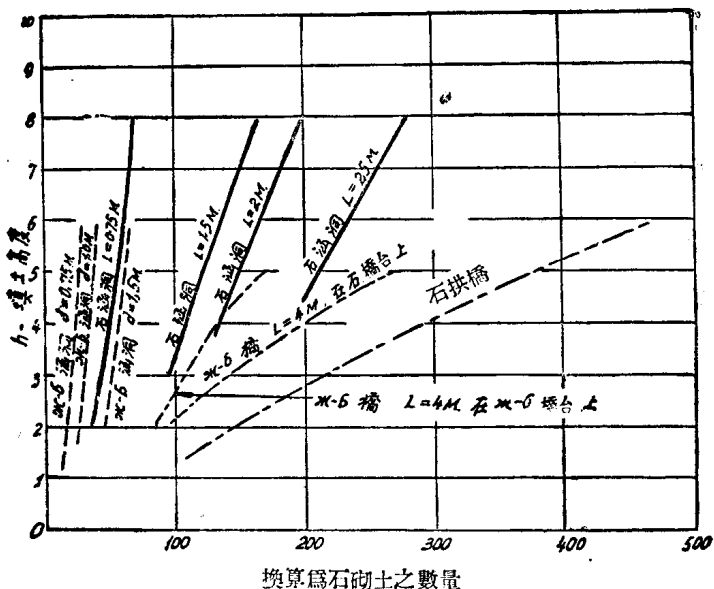


圖 7 鋼筋混凝土及石涵洞與橋的材料數量圖

圖 8 所示為各種填土高度下，木涵洞及橋使用木料數量圖表。不管涵洞及橋所用木料 1m^3 的差價是多少，此圖可作為合理採用的概略比較。木涵洞所用木料的數量由於填土路基高度的增加而涵洞加長的緣故，而大大增加。當填土高度為 2—3 公尺時，涵洞可代以單跨徑梁橋，梁橋與填土路基間以擋牆連接。由圖中可見（見圖 8）此種橋所用木料的數量超過修築涵洞必須的木料數量。祇有跨徑 1 公尺的橋所用木料數量的曲線在某些點上才接近於涵洞木料用量曲線。

當填土高度大於 2—3 公尺時，由於擋牆本身所承受的土壤推力很大，故不可能作為橋與填土間連接之用。在此種情況下，連接橋與填土路基應藉助於錐形溜坡。這樣的連接方法大大加大了橋的長度，因而橋的長度就大於橋的有效孔徑的 3—5 倍。此種情況下就增加了修橋

所必需的木料數量。用錐形溜坡連接填土路基的橋所用的木料曲線，在圖中位置（見圖8）距離修築涵洞所用木料曲線很遠。因而，此種橋與涵洞在經濟上比較的結果，常常是修築涵洞。

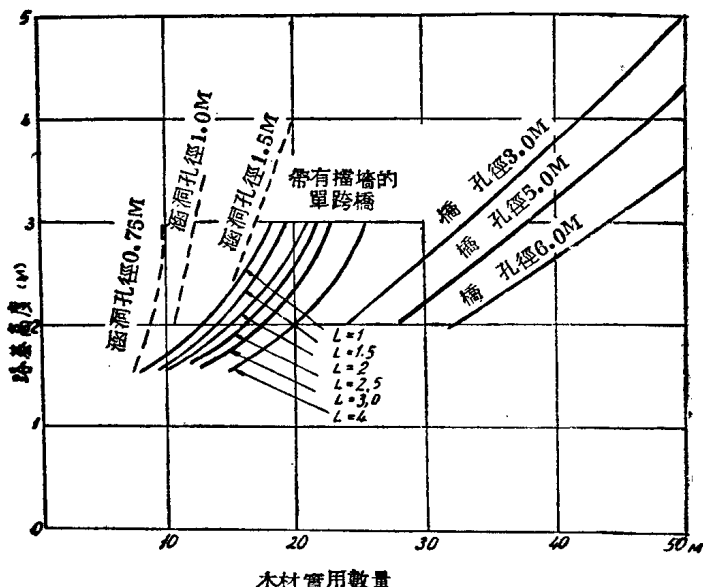


圖8 各種填土高度下，木涵洞及橋所用木材數量圖

上面談到的是修築木涵洞與橋所用木料數量的比較問題。但當選擇構造物的式樣時，不能僅從造價一方面考慮問題，也必須要考慮其使用指標。

爲了更換涵洞的腐朽部材，需要挖開填土路基，因而中斷路上交通，並要花費更多的資金，在此種情況下，挖填路基所需的資金隨路基高度的增加而加大。更換橋面行車部份可能不必中斷路上交通。

故從使用觀點來看，應不選用木涵洞而採用橋。因此，只有當設