

公路桥涵设计手册

# 涵洞

顾克明

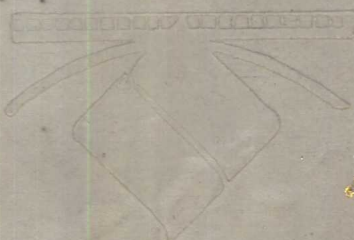
苏洪清

赵嘉行

刘双尧

主编

主审



人民交通出版社

公路桥涵设计手册

# 涵 洞

Han Dong

顾克明、苏清洪、赵嘉行 主编  
刘效尧 主审

人 民 交 通 出 版 社

# “公路桥涵设计手册”

## 编委会名单

主任委员：王建瑤

副主任委员：陈祥宝、胡明义

委员：（按姓氏笔画为序）

丁香云	王崇礼	王建瑤	毛家安	毛瑞祥
石少甫	冯郁芬	孙国柱	江祖铭	刘效尧
刘德进	朱维峰	李选龙	何福照	吴德心
苏清洪	陈祥宝	陈文沧	胡明义	张叔辉
张继尧	杨高中	周义武	金吉寅	赵立成
赵嘉行	项海帆	洪德昌	姚玲森	钱天锡
徐光辉	顾安邦	顾克明	顾懋清	高冬光
黄文机	郭永琛	程翔云	鲍钟岳	樊仕成

# 序 言

《公路桥涵设计手册》(以下简称《手册》)是在70年代出版的《公路设计手册》的基础上,根据交通部1985年颁发的桥涵设计规范和近代桥涵结构、新理论、新材料、新工艺发展的需要,由人民交通出版社组织编写的。1987年11月正式成立《手册》编写委员会,并确定编写《基础资料》、《涵洞》、《梁桥》(上册)、《梁桥》(下册)、《拱桥》(上册)、《拱桥》(下册)、《刚架桥》、《斜拉桥与吊桥》、《墩台与基础》、《桥梁附属构造与支座》、《桥位设计》等11个分册。

《手册》编委会历次召开的编写工作会议,得到了交通部工程管理局(原公路局)、西安公路学院、广东省公路勘测设计院、安徽省公路局、安徽省公路勘测设计院、福建省公路局、福建省交通规划设计院、厦门市交通局、新疆维吾尔自治区公路勘察设计院等主办会议单位在人力和财力上的支持与帮助,同时得到了编委所在单位和领导的关心与支持,谨在此表示衷心感谢。

《手册》编写工作会议,主要讨论了各册的编写大纲,制定了《手册》编写和审稿要求,示范性交流了有代表性的分册的编写经验,以求各分册在资料取舍、材料编排和体例格局方面能取得大体的统一,历次会议反复强调了《手册》是工具书,不同于教科书,也不同于专著,有它完整性、成熟性、系统性、示范性、图表化、简捷化和时代化等独特的要求。

本《手册》内容多、覆盖面宽,为便于广大读者查阅和保持各分册的完整性、系统性的格局,内容上尚存在一定的重复,虽经分编、主编、主审和编委会的终审等层层把关,但限于我们的水平,缺点和错误在所难免,希广大读者提出批评和意见,并请将意见径寄北京市和平里人民交通出版社。

《公路桥涵设计手册》编委会主任

王 建 瑤

1991.12

# 前 言

近十几年来，我国公路桥梁建设事业有了很大的发展，采用了不少新技术、新结构、新材料、新工艺，公路工程技术标准和公路桥涵设计规范也作了修订。为了适应桥涵工程建设中设计使用的需要，在《公路桥涵设计手册》编委会的组织指导下，重新编写了《涵洞》设计分册，供路线勘测、桥涵设计和施工人员使用，借以提高设计工作效率。本手册也可供有关专业人员、院校师生参考使用。

本分册本着“准确、简练、实用”的编写精神，保留了原1977年版《涵洞》设计手册中的可用部分，并依照新的设计规范和技术标准，吸取近年来生产、科研的新成果而编写的。本书内容主要具有以下特点：

1. 较系统地叙述了小桥涵勘测中从收集资料、初步计算到整理成果的各种常用方法。

2. 补充了按暴雨推理法进行小桥涵流量计算的新方法，并附有计算中所需的暴雨等值线图。

3. 按照新规范的要求，较完整地罗列了各种常用形式涵洞的通过流量、水力计算方法以及结构设计、计算方法。

4. 针对生产中实用的各种小桥涵孔径确定方法和结构计算方法，增加了必要数量的例题。

5. 叙述了各种陡坡过水建筑物的适用性，各自的水力计算以及综合使用的方法。

6. 为配合高等级公路建设，增加了公路立交小桥涵和人(机)孔设置等内容；为配合旧路拓宽，增加了涵洞接长处理方法和设计计算方法。

7.为方便读者使用,对冗繁的计算公式做了再加工,尽可能以图、表形式给出最终结果。

本书由安徽省公路勘测设计院俞高明编写第一、二、三、四、五章;长沙交通学院苏清洪编写第七章之二、三、四节和附录二及附录三之二、四两部分;赵嘉行编写第六章和第七章第一、五、六、七(正交部分)、八、十节以及附录三之一、五、七、八、九、十部分和附录四;欧阳旺云编写第七章第九节和附录三之三;李传习编写第七章第七节(斜交部分)和附录三之六。

全书由刘效尧主审。

本书在编写期间,曾收到全国不少专家和专业技术人员对编写大纲的建议,在此,谨表衷心感谢。

由于编者水平所限,书中缺点和错误在所难免,敬请读者提出宝贵意见,以供再版时修订。

1991年3月

# 目 录

<b>第一章 概述</b> .....	1
第一节 涵洞与小桥.....	1
第二节 涵洞的分类与选择.....	2
<b>第二章 涵洞构造</b> .....	9
第一节 洞身构造.....	9
第二节 洞口构造及其选择.....	16
第三节 进出水口沟床加固处理方法.....	23
<b>第三章 小桥涵勘测</b> .....	33
第一节 概述.....	33
第二节 勘测工具和资料收集.....	33
第三节 野外勘测.....	35
第四节 小桥涵的平面布置.....	80
第五节 小桥涵的立面布置.....	87
<b>第四章 小桥涵流量计算</b> .....	91
第一节 概述.....	91
第二节 暴雨推理法.....	92
第三节 径流形成法.....	107
第四节 形态调查法.....	123
第五节 直接类比法.....	141
第六节 拟建小桥涵位设计流量的推求.....	165
第七节 流量计算方法的比较和核对.....	168
<b>第五章 小桥涵水力计算</b> .....	171
第一节 概述.....	171
第二节 小桥涵前积水计算.....	173

第三节	小桥孔径计算	185
第四节	涵洞孔径计算	211
第五节	陡坡过水建筑物的水力计算	280
第六节	过水路面	330
<b>第六章</b>	<b>涵洞基础和沉降缝、防水层的设置</b>	<b>341</b>
第一节	涵洞基础	341
第二节	沉降缝的设置	355
第三节	防水层的设置	356
<b>第七章</b>	<b>涵洞长度和工程数量</b>	<b>358</b>
第一节	涵洞长度	358
第二节	八字翼墙	367
第三节	锥坡	387
第四节	扭坡	394
第五节	石、混凝土预制块拱涵	408
第六节	钢筋混凝土圆管涵	448
第七节	钢筋混凝土正、斜交盖板涵	457
第八节	钢筋混凝土箱涵	495
第九节	预应力混凝土圆管涵	504
第十节	其它管涵	523
附录一	全国暴雨参数	527
附录二	圆弧拱拱上建筑工程数量计算	527
附录三	涵洞结构的验算	533
附录四	地基土的容许承载力、土压力计算公式	686
	主要参考文献	705



# 第一章 概 述

小桥涵因其数量多，工程量占公路工程比重较大。同时，小桥涵的设计是否得当，对工程造价和使用效果有很大的影响。

按照目前习惯的划分方法，对于水力水文计算问题，小桥、涵洞在本设计手册中叙述，大中桥在《桥位设计》分册中介绍；对于结构设计计算问题，涵洞在本手册中叙述，小桥则随大中桥在各有关分册中介绍。

## 第一节 涵洞与小桥

涵洞主要是为渲泄地面水流（包括小河沟）而设置的横穿路基的小型排水构造物。按《公路工程技术标准》（JTJ01—88）（以下简称《标准》）规定：单孔标准跨径  $L_0 < 5\text{m}$  或多孔跨径总长  $L < 8\text{m}$ （圆管涵及箱涵不论管径或跨径大小、孔数多少）均称为涵洞。

小桥是为公路跨越小河流、山谷等天然或人工障碍物（如人行小道，机耕道等）而建造的构造物。按《标准》规定：单孔  $5\text{m} \leq L_0 < 20\text{m}$  或多孔  $8\text{m} \leq L \leq 30\text{m}$  的桥梁均称为小桥。

《标准》对小桥涵标准跨径规定为：

0.75、1.0、1.25、1.5、2.0、2.5、3.0、4.0、5.0、6.0、8.0、10、13、16m。

标准跨径对板式桥涵以两桥（涵）墩中线间距或桥（涵）墩中线与台背前缘间距为准；拱式桥涵、箱涵、圆管涵以净跨径为准。

涵洞、小桥一般是按水文计算所确定的设计洪水位和设计洪峰流量来选择孔径，当所需通过的流量较小时，可选用涵洞；反

之，当所需通过的流量较大时，可选用小桥。涵洞的构造简单，造价低；小桥相对来说，构造复杂些，造价也较高。

但不能单纯从经济造价来选择涵洞或桥梁，还必须根据目前和长远的需要，结合河沟地形特点和地质等天然条件，保证设计洪水、流冰、流木、泥石流及其他漂浮物的安全通过，满足国防、工农业生产和水陆交通的要求，确保桥涵建筑本身和附近路堤的安全，以及施工、养护和维修的条件综合考虑确定。

## 第二节 涵洞的分类与选择

### 一、涵洞分类

#### 1.按建筑材料分类

不同材料涵洞的适用性和优缺点

表1-1

种 类		适 用 性	优 缺 点
常 用	石 涵	产石地区。可做成石盖板涵、石拱涵	节省钢筋、水泥，经久耐用，造价、养护费用低
	混凝土涵	可现场浇注或预制拱涵、圆管涵和小跨径盖板涵	节省钢筋，便于预制，但损坏后修理和养护较困难
	钢筋混凝土涵	用于管涵、盖板涵、拱涵，软土地基上可用箱涵	涵身坚固，经久耐用，养护费用少。管涵、盖板涵安装运输便利，但耗钢量较多，预制工序多，造价较高
	砖 涵	平原或缺少石料地区。可做成砖拱涵，有时做成砖管	便于就地取材。但强度较低，当水流含碱量大或冰冻地区易损坏
其 他	陶瓷管涵	陶、瓷产地，定型烧制	强度较高，运输、安装时易碎
	铸铁管涵	工厂化生产的金属定型产品	强度很高，但长期受水影响易锈蚀
	波纹管涵	小跨径暗涵	力学性能好，但施工管节接头不易处理，易锈蚀
	石灰三合土涵	可做成石灰三合土篾管涵或拱涵	强度较低，造价低，但水流冲刷极易损坏

常用的有石涵、混凝土涵、钢筋混凝土涵、砖涵，有时也可用陶瓷管涵、铸铁管涵、波纹管涵、石灰三合土涵等，各自的适用性和优缺点见表1-1。

## 2. 按构造型式分类

可分为管涵（通常圆管涵）、盖板涵、拱涵、箱涵。以上4种不同构造型式涵洞的常用跨径见表1-2，各种构造型式涵洞的适用性和优缺点，可参见表1-3。

不同构造型式涵洞的常用跨径 表1-2

构造型式	跨 (直) 径 (cm)
圆管涵	*50、75、100、125、150
盖板涵	75、100、125、150、200、250、300、400
拱涵	100、150、200、250、300、400
箱涵	200、250、300、400、500

注：1. 带“\*”号仅为农用灌溉涵用；

2. 盖板涵中石盖板时为75、100、125cm，其余均为钢筋混凝土盖板涵。

各种构造型式涵洞的适用性和优缺点 表1-3

构造型式	适用性	优缺点
管涵	有足够填土高度的小跨径暗涵	对基础的适应性及受力性能较好，不需墩台，圬工数量少，造价低
盖板涵	要求过水面积较大时，低路堤上的明涵或一般路堤的暗涵	构造较简单，维修容易。跨径较小时用石盖板；跨径较大时用钢筋混凝土盖板
拱涵	跨越深沟或高路堤时设置。山区石料资源丰富，可用石拱涵	跨径较大，承载潜力较大。但自重引起的恒载也较大，施工工序较繁多
箱涵	软土地基时设置	整体性强。但用钢量多，造价高，施工较困难

## 3. 按洞顶填土情况和孔数分类

按洞顶填土情况可分为明涵和暗涵两类。明涵是指洞顶不填土的涵洞，适用于低路堤，浅沟渠；暗涵是指洞顶填土大于50cm

的涵洞，适用于高路堤、深沟渠。

涵洞按孔数分为单孔、双孔和多孔等。

#### 4. 按水力性质分类

此种分类方法是根据水流通过涵洞的可能状态，进行必要的判断，定出涵洞水力计算图式（详见第四章第五节）。涵洞水力计算图式可分为无压力式、半压力式和压力式三种。另外，当路基顶面标高低于横穿沟渠的水面标高时，也可设置倒虹吸管涵洞。关于无压力式、半压力式、压力式涵洞和倒虹吸管涵洞水流的外观描述和适用性见表1-4。

不同水力性质涵洞的分类

表1-4

水力性质	外观描述	适用性
无压力式	进口水流深度小于洞口高度，水流受侧向束挟，进口后不远处形成收缩断面。下游水面不影响水流出口，水流流经全涵保持自由水面	要求涵顶高出水面，涵前不允许壅水或壅水不高时
半压力式	水流充满进口，呈有压状态，但进口不远的收缩断面及以后的其余部分均为自由水面，呈无压状态	全涵净高相等，涵前允许一定的壅高，且略高于涵进口净高
有压力式	涵前壅水较高，全涵内充满水流，无自由水面。一般出口被下游水面淹没，但升高式进水口（流线型），且涵底纵坡小于摩阻坡度时，出口不被下游水面淹没	深沟高路堤，不危害上游农田，房屋前提下，涵前允许较高壅水
倒虹吸管	进出口设置竖井，水流充满全部涵身	横穿路线的沟渠水面标高基本同于或略高于路基标高

## 二、涵洞型式的选择

### 1. 设计选用原则

桥涵应根据所在公路的使用任务、性质和将来的发展需要，按照适用、经济、安全和美观的原则进行设计。桥型的选择应符合因地制宜、就地取材、便于施工和养护的原则。

公路桥涵应当适当考虑农田排灌的需要。靠近村镇、城市、铁路及水利设施的桥涵，应结合各有关方面的要求，适当考虑综合利用。

## 2. 选择涵洞型式，应考虑的主要因素

### 1) 地形、地质、水文和水力条件

#### (1) 选择涵洞还是选择小桥

当跨越常年有水但流量较小，或仅暴雨时产生水流的河沟，并且水流中漂流物少，上游泥沙运动较小，路堤高度满足壅水高度的要求，能够满足需宣泄的设计流量时，宜采用涵洞（包括明涵和暗涵）。而当河沟地处陡峭深谷或冲积锥上，漂流物多或有泥石流运动，需宣泄的设计流量较大时，宜采用小桥。

#### (2) 按水力性质选择涵洞计算图式

一般新建涵洞以采用无压力式涵洞为主。为了提高宣泄设计流量，在不造成淹没上游农田、村庄的前提下，允许涵前较大壅水高度时，可采用压力式或半压力式涵洞。压力式涵洞在设计施工中，必须保证涵身不漏水，即不能让水渗入路基，影响路基强度和稳定性。压力式涵洞进水口采用升高式（或流线型），可提高宣泄设计流量，但水流速度加大，必须加固涵洞基础或增设涵底铺砌，保证进出口、基底及附近路基不被冲毁。半压力式涵洞因水位起落变化引起水流不稳定（水力图式相应变化），因此不常用。

#### (3) 选择构造型式

当设计流量在 $10\text{m}^3/\text{s}$ 左右时，一般宜采用圆管涵。但当路堤高度过低，圆管涵顶填土高度不足时，宜采用盖板涵（先考虑采用暗涵，当盖板涵顶填土高度不足时，再考虑采用明涵）。

设计流量在 $20\text{m}^3/\text{s}$ 以上时，宜采用盖板涵。但当设计流量更大时，特别是当路堤较高时，宜采用拱涵。

涵洞基础对涵洞质量影响很大。砖管、拱涵都要求有较坚实的地基基础，其他类型的涵洞也要求基础不能有过大沉陷，而且沉陷必须均匀。

涵洞位置应尽量避免在地基松软、坚硬不均匀或地质条件不良地段设置。当地基过分松软无法避让时，应采取对地基的加固或对基础的加强处理措施，也可以采用钢筋混凝土箱涵，选择时

应对各种可行的处理方案进行技术和经济比较后确定。

#### (4) 过水路面和混合式过水路面选用比较

三、四级公路跨越季节性小河，在交通允许有限度的中断时，可考虑修建过水路面或带有涵洞的混合式过水路面。

平时干涸无水，暴雨后洪峰涨落迅速，主槽不明显，洪水时漫滩较宽，河床地质情况较好，路线纵坡较平缓，可选用过水路面。若平时水流流量较小，主槽较明显，水流集中，可选用混合式过水路面。

过水路面受水流冲刷不易养护，洪水时阻车不安全，所以宜尽量少用。当考虑采用过水路面方案时，应与改为路线升高建涵方案作经济比较后确定。

#### 2) 经济造价

因地区不同，涵洞的造价往往差异很大。涵洞造价主要取决于材料的料场价格，其次是材料的运输费用和当地的人工、机具费用。

在盛产石料的山区，一般选用石涵比较经济；在缺乏石料的地区，当设计流量较小时，选用圆管涵或钢筋混凝土盖板涵比较经济；当设计流量较大时，选用钢筋混凝土盖板涵或拱涵比较经济。

宜泄同样设计流量的圆管涵，单孔比多孔经济。单孔钢筋混凝土盖板涵比多孔钢筋混凝土圆管涵经济。采用无压力式圆管涵时，一般不宜超过三孔。

路堤越高，涵洞越长。当路堤高度超过5~6m，若设计流量较小时，采用圆管涵比较经济；若设计流量较大时，是选择涵洞还是选择小桥，应作方案的技术经济比较后确定。

#### 3) 材料选择和施工条件

选用涵洞材料时要因地制宜，尽可能就地取材，优先考虑砖石圪工结构，少用或不用钢材。在石料丰富地区，应充分利用石料修建石涵。在产陶、瓷器的地区，可选用符合载重要求的陶、瓷管涵。对于一些不常用的材料，应经过试验鉴定后方可使用。

在考虑就地取材的同时，应综合考虑运输条件。

涵洞设计要方便施工。一段线路上不宜采用过多的涵洞类型，应尽可能定型化，便于集中预制，以节省模板和保证质量。设计预制件时，要考虑运输条件和方便安装，尽可能采用机械化预制和安装，加快施工进度。

#### 4) 养护维修

选择涵洞类型时，为了便于养护，孔径不宜过小，洞身不宜过长。

冰冻地区不宜采用小孔径管涵和倒虹吸管涵洞。为了农田灌溉必须采用时，须在冻期前将管内积水排除，并将两端进出口封闭。

在不至于造成淤塞的情况下，农田灌溉用涵洞的跨径可采用0.5m。一般涵洞跨径应不小于0.75m。

#### 5) 公路立体交叉小桥涵

公路立体交叉小桥涵需满足横向交通的要求。乡村道路也可利用平时无水或流量很小的季节性排洪桥涵兼作立交通道。

公路立体交叉小桥涵的净空，按公路建筑限界的规定确定。立体交叉在无法采用排水沟、排水涵或地下管道进行自然排水时，应视具体情况设置排水泵站。

公路与铁路立体交叉，当公路从铁路桥涵下穿行时，其净空按公路建筑限界规定确定；当铁路从公路桥涵下穿行时，应按照国家铁路净空限界规定确定。

当乡村道路从公路下面穿过，小桥涵兼作通道时，净空可根据当地通行的车辆组成，与有关部门协商而定。小桥涵净空不仅要满足目前需要，还要适当考虑今后的发展需要。

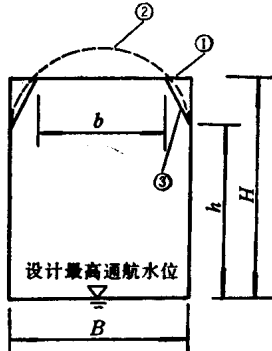
#### 6) 通航要求

当小桥涵下有通航要求时，需调查航道的等级，通航船舶的吨级。六级航道小桥下通航净空要求见表1-5，六级以下航道的通航标准，可根据各省、市、自治区具体规定执行。

桥下通航净空尺度

表1-5

航道等级	通航吨级 (t)	桥下净跨 (m)				桥下净高 (m)	
		天然及渠化河流		人工运河		H	h
		B	b	B	b		
六	50~100	20	15	13	10	3.5~4.5	1.5





## 第二章 涵洞构造

涵洞是由洞身及洞口建筑组成的排水构造物。

洞身是涵洞的主要部分。洞身的作用是承受活载压力和土压力等并将其传递给地基，它应具有保证设计流量通过的必要孔径，同时本身要坚固而稳定。

洞口建筑连接着洞身及路基边坡，应与洞身较好地衔接并形成良好的宣泄水流条件。洞口分进水口和出水口两个基本部分。

为使水流能安全地通过涵洞，减弱对前后涵底的冲刷，需对涵底和进出水口河床进行一定范围的加固铺砌，必要时在涵洞前后加设调治构造物和消能设施。

### 第一节 洞身构造

#### 一、洞身及组成

按涵洞构造形式和组成部分不同，洞身也有不同的形式。现将常见的洞身形式分述如下：

##### 1. 圆管涵（包括倒虹吸圆管涵）

圆管涵洞身主要由各分段圆管节和支承管节的基础垫层组成，见图2-1。当整节钢筋混凝土圆管无铰时，称为刚性管节；当沿横截面圆周对称加设4个铰时，称为柔性管节（参见第六章第二节）。

圆管涵常用孔径 $d_0$ 为50（农田灌溉时用）、75、100、125、150cm，对应的管壁厚度 $\delta$ 分别为6、8、10、12、14cm。基础垫层厚度 $t$ 根据基底土质确定，当为卵石、砾石、粗中砂及整体岩