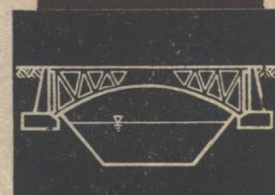
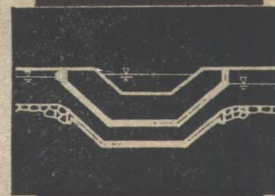
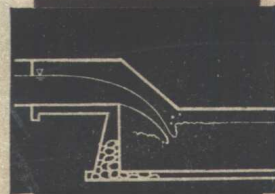
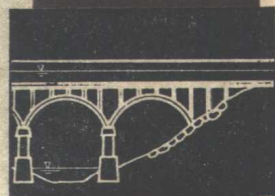
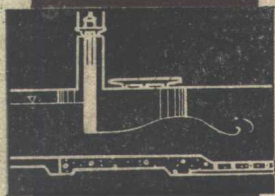


灌区水工建筑物丛书

涵洞

水利电力出版社



建築・工程・材料・設備

通 洞

建築・工程・材料・設備

灌区水工建筑物丛书

涵 洞

管枫年 洪仁济 徐尚璧

水利电力出版社

内 容 提 要

本书为“灌区水工建筑物丛书”之一。主要内容包括：灌区涵洞的类型及其工作特点、总体布置、水力设计、结构设计、地基与基础设计、涵洞的冻胀破坏与防治措施、涵洞的施工等。

本书从工程实践的角度着重阐述有关涵洞设计的理论、步骤和方法。为便于设计人员使用，书中附有各种图表和大量计算例题。

本书可供从事水工设计和施工的人员使用，也可供大专院校师生参考。

灌区水工建筑物丛书

涵 洞

管枫年 洪仁济 徐尚璧

*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 14.625印张 392千字

1983年6月第一版 1983年6月北京第一次印刷

印数 0001—8730册 定价 1.85元

书号 15143·5118

出版者的话

大搞灌区工程配套，是挖掘现有灌溉设施潜力，加快建设旱涝保收，高产稳产农田的一项重要措施。灌区水工建筑物面广量大，是灌溉排水工程的重要组成部分，也是灌区配套的主要内容。各地水利部门在修建灌区水工建筑物方面积累了丰富的经验，无论在建筑物的规划布置、结构型式、建筑材料、设计理论、施工工艺等方面，都不断有所创新，并在科学研究方面取得了一批新的成果。

为了总结交流经验，推广先进技术，反映科研成果，特组织编写了这套“灌区水工建筑物丛书”。丛书包括《渠首工程》、《水闸》、《闸门与启闭机》、《渡槽》、《倒虹吸管》、《涵洞》、《隧洞》、《跌水与陡坡》、《农桥》、《地下排灌工程》十个分册。

丛书的服务对象以中专毕业的水利技术人员为主，讨论的工程规模以县办工程为主，在扼要阐明基本原理的基础上，着重讲述工程布置、结构型式、计算公式、施工方法和常用的图表，并介绍一些工程实例，便于广大读者在设计施工中应用和参考。

参加这套丛书编写工作的单位有江苏、安徽、山东、广东、广西、湖南、河南、陕西、黑龙江等省（区）的水利厅（局），勘测设计院、科研院所和有关水利院校。

为了提高书稿质量，武汉水利电力学院农田水利工程系负责丛书的归口工作。该系陈德亮、赵文华等同志在审定书稿、减少各分册之间的重复、统一编写深度等方面，做了大量的工作。赵文华同志对本书的编写内容提出许多宝贵意见。

《涵洞》分册由黑龙江省水利勘测设计院管枫年、洪仁济、徐尚璧同志编写，全书由管枫年同志统稿。

初稿完成后，先后经福建省水利科学研究所及安徽省滁县地区水利局审稿，提出了很多补充修改意见，大大地提高了书稿质

量。

本书在编写过程中，得到了黑龙江省水利勘测设计院张希文同志，黑龙江省水利工程学校汤瑞锦、何锦岳和孟翔荣同志的大力帮助。为了搞好这套丛书的出版工作，使它更好地为广大读者服务，热忱地希望同志们随时将有关意见和要求告诉我们。

1982年4月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 涵洞的组成、作用及类型	1
第二节 涵洞设计的基本资料及设计流量标准	12
第三节 涵洞的设计内容和步骤	15
第二章 涵洞的总体布置	17
第一节 涵洞轴线位置的确定	17
第二节 涵洞水流形态及洞型选择	22
第三节 涵洞底高程、纵坡及孔径尺寸的选择	24
第四节 涵洞进出口建筑物的布置	30
第五节 涵洞的防渗和防水层设计	40
第三章 水力设计	43
第一节 渠(路)下涵设计流量的计算	43
第二节 涵前积水计算	65
第三节 涵洞水流形态及其判别	82
第四节 无压渠(路)下涵的水力设计	86
第五节 半有压渠(路)下涵的水力设计	132
第六节 有压渠(路)下涵的水力设计	144
第七节 渠涵的水力设计	152
第八节 涵洞出口的消能防冲设计	160
第四章 外荷载计算	185
第一节 涵洞的垂直土压力计算	185
第二节 涵洞的侧向土压力计算	195
第三节 涵洞的内外水压力计算	205
第四节 车辆荷载的计算	207
第五章 箱涵的结构设计	217
第一节 箱涵结构设计的步骤和方法	217
第二节 箱涵的内力计算	226

第三节	箱涵结构设计实例	289
第六章	盖板涵的结构设计	301
第一节	盖板涵结构设计的步骤和方法	301
第二节	盖板涵的内力计算	313
第三节	盖板涵结构设计实例	321
第七章	圆涵的结构设计	328
第一节	圆涵结构设计的步骤和方法	328
第二节	圆涵的内力计算	330
第三节	圆涵结构设计实例	338
第四节	四铰圆涵的结构设计	345
第五节	四铰圆涵结构设计实例	350
第八章	拱涵的结构设计	354
第一节	拱涵结构设计的步骤和方法	354
第二节	拱涵的内力计算	359
第三节	拱涵结构设计实例	378
第九章	涵基与接缝设计	396
第一节	涵洞基础类型的选择	396
第二节	涵洞基础埋置深度的确定	398
第三节	涵洞纵向强度问题及沉降缝的设置	399
第四节	软弱地基的处理	402
第五节	涵洞的冻胀破坏与防治措施	409
第十章	涵洞的施工	418
第一节	基坑开挖和排水	418
第二节	圬工涵洞的砌筑	423
第三节	混凝土的浇注及圆涵和盖板的预制	429
第四节	涵管顶进施工法	435
参考文献		462

第一章 绪 论

第一节 涵洞的组成、作用及类型

一、涵洞的组成

埋设在填土下面的输水洞称为涵洞。涵洞由洞身、进口建筑物和出口建筑物三部分组成。

涵洞进口建筑物由进口翼墙（或护锥）、护底和涵前铺砌构成，带闸涵洞进口设有闸门。洞身位于填土下面，是涵洞过水的主要部分。涵洞出口建筑物由出口翼墙（或锥体）、护底和出口防冲铺砌或消能设施构成。通常无压缓坡涵洞（图1-1）出口流速不大，故出口多做一段防冲铺砌。有压、半有压或陡坡涵洞（图1-2）出口流速较大，常需设消能设施。

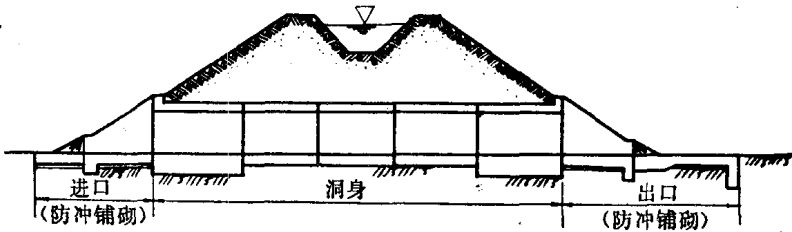


图 1-1 缓坡涵洞

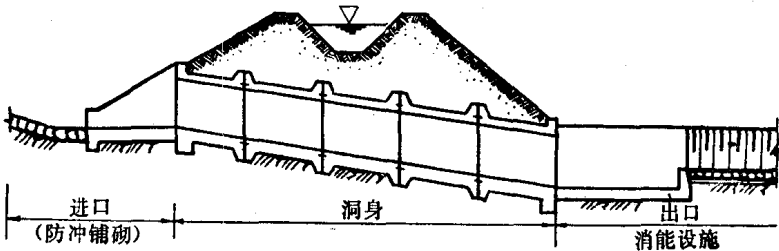


图 1-2 陡坡涵洞

二、涵洞的作用和分类

灌排渠系中的涵洞按其作用不同，可分为如下几类。

1. 渠道上的输水涵洞（简称渠涵） 渠涵的作用是输送渠水，为渠道的一部分。渠涵通常在下述情况下采用。

1) 渠道通过高地时，通常采用大开挖办法修一段与明渠连接的渠涵。

2) 渠道通过铁路、公路或另一填方渠道时多采用渠涵，使渠水在下边通过。

3) 为防止绕山渠道某一段山坡因塌方而被堵塞，有时也采用渠涵通过易塌方段。

2. 填方渠道或路堤下通过的排水涵洞（简称渠（路）下涵） 渠（路）下涵的作用是排泄冲沟、溪流的洪水，渠（路）下涵也可以做交通涵；或在不过水时作交通涵用。交通涵设计较一般涵洞简单，本书不专门介绍。渠（路）下涵也可以是输送渠水的渠涵，但为方便起见，本书以后所介绍的渠（路）下涵，均指填方渠道或道路下面的排水涵洞，不再说明。

3. 渠道上的泄水涵洞 渠道上的泄水涵洞，用于渠道或渠系建筑物的检修、排泄进入渠道的洪水，有时也起排砂冲砂等作用。

4. 渠首或渠系中的引水或分水涵洞 引水或分水涵洞的作用是引水或分水，以满足各级渠道的用水要求。

5. 设在低洼易涝地区排水渠末端的排水涵洞 排水涵洞的作用是排除内涝积水。

6. 坝下涵（一般称涵管） 坝下涵置于坝下，其作用是用以泄水或放水。

输水渠涵和排水渠（路）下涵，一般不设闸门，通常称为“涵洞”的主要是指以上这两种，本书主要介绍这两种涵洞的有关问题与设计方法。渠道上的泄水涵洞、渠首或渠系中的引水或分水涵洞及排水渠末端的排水涵洞必须设置闸门，在进口（或出口）布置闸室段，所以这类涵洞称为涵洞式水闸。涵洞式水闸闸

室段（亦称首部建筑物）的形式、尺寸和设置高程等，与一般水闸相似，可参考灌区水工建筑物丛书中的《水闸》^[1]，本书不做介绍。“坝下涵”因是枢纽建筑物，其设计方法与一般涵洞有明显差别，故本书也不做介绍。

三、涵洞的水流形态和工作特点

涵洞内的水流形态决定于涵洞的断面形状、尺寸、洞长、底坡、洞口形式、流量及相应的上下游水位等各种因素。

涵洞的水流形态可分为无压、半有压和有压三种。各种水流形态的涵洞，具有不同的工作特点。

（一）无压涵的水流形态及工作特点

水流在通过涵洞内的全部长度上都具有自由水面，称为无压流。

无压涵洞由于底坡、长度及涵前或出口水位不同，洞内将呈现出不同的水流现象，表现出不同的工作特点。

从上游进入涵洞的水流，在平面上将产生收缩，同时产生跌落，并在进口后形成收缩断面。收缩断面至出口前这段水流现象主要取决于底坡、洞长和涵洞出口水位。

1. 陡坡涵洞（ $i > i_k$ ） 在陡坡涵洞中（图1-3），收缩断面

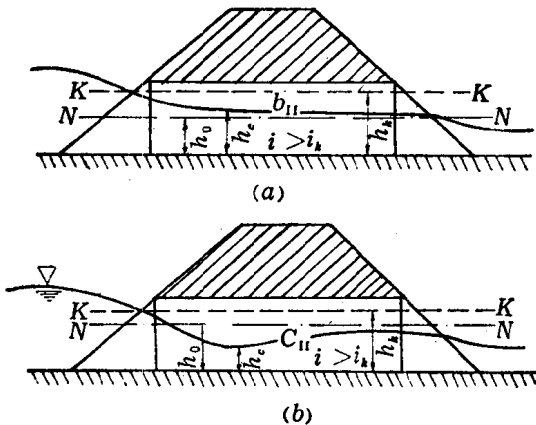


图 1-3 陡坡无压涵洞

(a) $h_c > h_0$, (b) $h_c < h_0$

以后,水面曲线趋向于正常水深 h_0 ,只要涵洞为自由出流,下游水深就不足以使洞中水流产生淹没水跃,则水流将保持急流状态出洞。在急流情况下,下游的影响不会传到上游,即随洞长增加所产生的洞壁摩阻作用对流量不产生影响,因此不论洞的长短,通过的流量完全由进流情况确定。进口水流情况相当于宽顶堰流。

2.缓坡涵洞($i < i_k$) 在缓坡涵洞中(图1-4),当涵洞出口水位较低时,收缩断面以后的水面曲线将逐渐趋于临界水深 h_k ,若涵洞较短,则水面曲线直到洞口还未发展到临界水深 h_k ,全洞为急流[图1-4(a)],此时洞长不影响过流能力,进口相当自由宽顶堰流。若涵洞稍长,水面曲线在洞内发展到了临界水深 h_k ,水流将通过波状水跃过渡到缓流[图1-4(b)],这时涵洞前段水流为急流,后段水流为缓流,但仍不影响过流能力。当

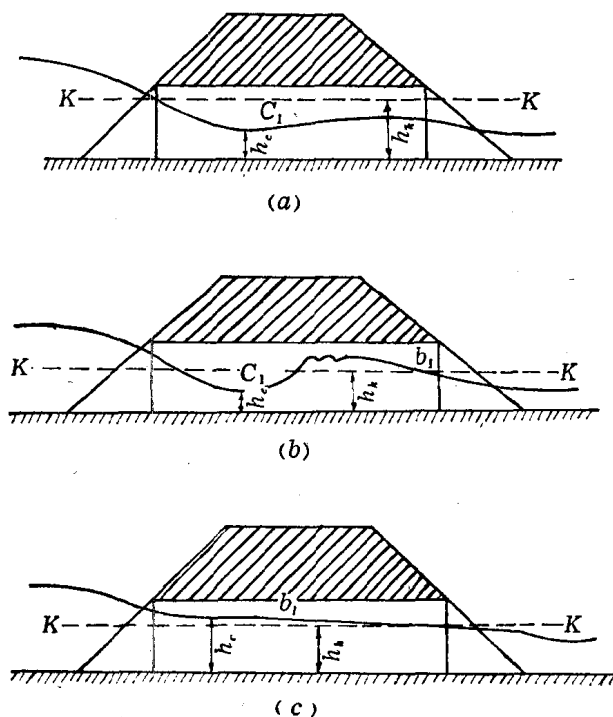


图 1-4 缓坡无压涵洞($i < i_k$)

涵洞再长, 由于洞内阻力增大, 流速减小, 缓流段水面进一步壅高, 致使收缩断面淹没[图1-4(c)], 过流能力受到淹没影响, 这时进口相当淹没宽顶堰流。当洞长再增加, 洞内将产生均匀流, 这时洞内过流能力受均匀流控制。下游水位对无压涵洞洞内水流状态的影响, 依涵洞底坡和长短不同, 可分以下几种情况。

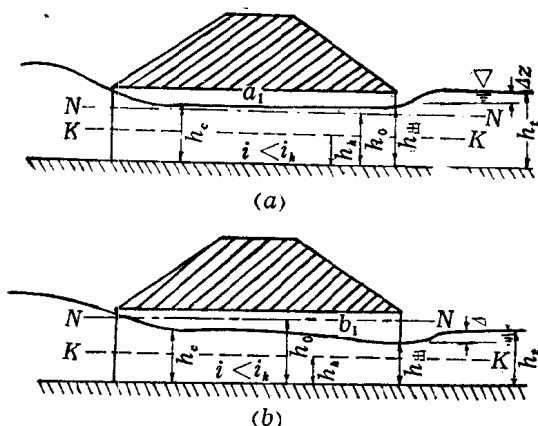


图 1-5 下游水位对无压缓坡涵洞的淹没
(a) $h_t > h_0$; (b) $h_0 > h_t > h_k$

(1) $i < i_k$: 在图1-5中, 依下游水位 h_t 的高低不同, 洞内水流可呈现以下两种状态:

1) 当涵洞下游水位 $h_t > h_0$ 时[图1-5(a)], 洞内将产生壅水曲线, 即水深以尾部最深, 收缩断面处最浅;

2) 当涵洞下游水深 h_t 位于临界水深 h_k 和正常水深 h_0 之间时, 即 $h_k < h_t < h_0$ [图1-5(b)], 洞内将产生降水曲线, 这时水深以收缩断面处最深, 出口处最浅。

上述两种情况均使进口受到淹没, 进口相当淹没宽顶堰流。

(2) $i > i_k$: 在图1-6中, 当 $h_{出} > (1.2 \sim 1.4) h_k + iL + \Delta z$ 时, 收缩断面将受到淹没, 洞内产生壅水曲线, 进口相当淹没宽顶堰流。

渠涵(图1-7)的作用是输送渠水, 多按无压流设计。

渠涵进出口与渠道相连接, 其进出口的水流衔接情况与渡槽

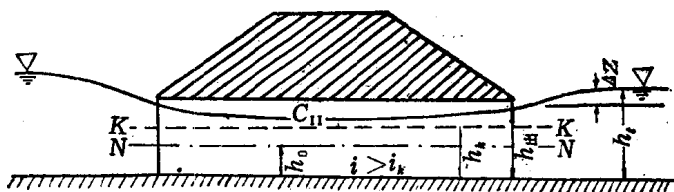


图 1-6 下游水位对无压陡坡涵洞的淹没

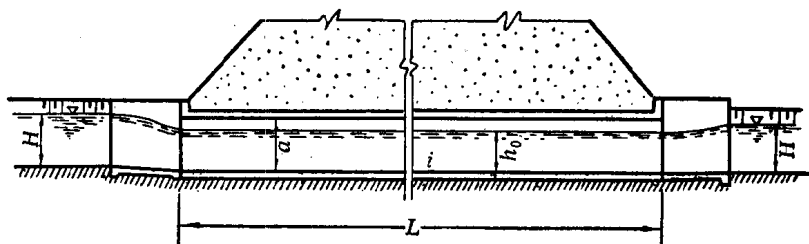


图 1-7 渠涵

的情况类同，渠道水流进入涵洞进口段以后，随着过水断面的逐渐变小，水流逐渐收缩，流速加大。由于流速的变化，进口段水流的一部分位能转化为动能，并且由于逐渐收缩也造成了局部水头损失，这两个因素使得水面在进口处产生跌落。进口的水流现象与淹没的宽顶堰相似，水流进入洞身以后，随着涵洞洞身长短的不同，也可以表现出两种不同的水流形态；洞身较短时继续表现为堰流，洞身较长时，则洞内出现均匀流，其水面坡度与涵洞底坡相同，洞中水流的水深也变成了以涵洞洞身为过水周界的正常水深。当水流进入出口段以后，便逐渐扩散、流速降低，水流的一部分动能恢复为位能使水面升高，另一部分动能将损失于扩散。水流经过出口段后，应恢复到原渠道的水流状态，并满足规划提出的水位要求。因此，渠涵的建设，除涵洞进口至出口渐变范围外，不应改变渠道原有的正常水流状态。

(二) 半有压涵的水流形态及工作特点

水流在涵洞进口断面上全部被充满，洞内全部或部分具有自由水面（图1-8），这种水流形态称为半有压流。

半有压流洞内水流，依涵洞底坡、长度和进出口水位不同而

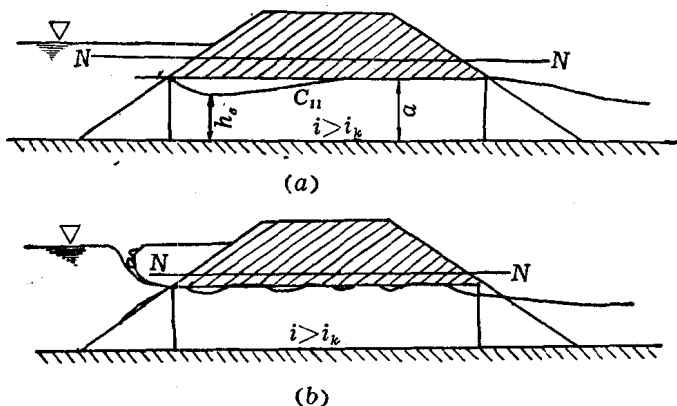


图 1-9 半有压陡坡涵洞

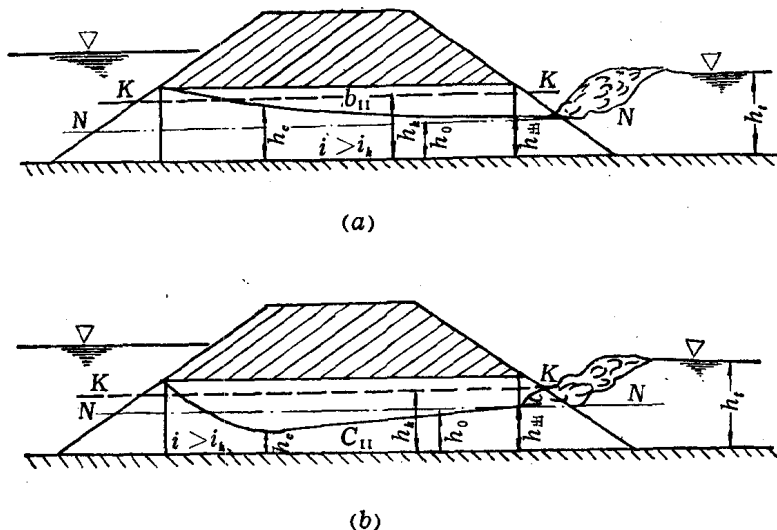


图 1-10 下游水位对半有压陡坡涵洞的淹没
(a) $h_k > h_c > h_0$; (b) $h_k > h_0 > h_c$

涵洞下游水位将对半有压洞内水流状态产生影响。以涵洞底坡和长短不同，可分为以下几种情况。

(1) $i < i_{k2}$ 当涵洞下游水位 h_t 淹没洞顶后，则半有流变为有压流。

(2) $i > i_{k2}$ 在半有压陡坡涵洞（图 1-10）中，其进口淹

没, 水流进入涵洞产生收缩, 收缩断面后水深以急流状态向正常水深趋近, 达洞出口时水深为 $h_{\text{出}}$, 出口水深 $h_{\text{出}}$ 的共轭水深 $h_{\text{出}}^*$ 和下游水深 h_t 间的关系可分以下三种情况。

1) 当下游水深 $h_t < h_{\text{出}}^*$, 将在洞口发生远驱式水跃[图 1-10 (a)], 当 $h_t = h_{\text{出}}^*$ 时, 将在洞口产生临界水跃[图 1-10 (b)], 涵洞为自由出流。

2) 当 $h_t > h_{\text{出}}^*$ 时, 在洞口发生淹没式水跃。

3) 当 $h_t > h_{\text{出}}^*$ 时, 且 $h_t > a$, 则半有压流转变为出口淹没的有压流。

(三) 有压涵洞的水流形态及工作特点

水流充满整个涵洞, 没有自由水面(图 1-11), 即洞内水流为有压流。有压流又可分为两种情况: 涵洞出口淹没在下游水位以下, 上游水位也淹没洞口时, 洞内为有压流[图 1-11 (a)]; 当涵洞进口水位较高时, 虽然下游水位低于出口洞顶, 但水流仍充满整个涵洞, 没自由水面, 这时洞内也为有压流[图 1-11 (b)]。

底坡较大的有压涵, 易发生有害的不稳定流态, 对涵洞使用和结构受力都将产生不利影响。

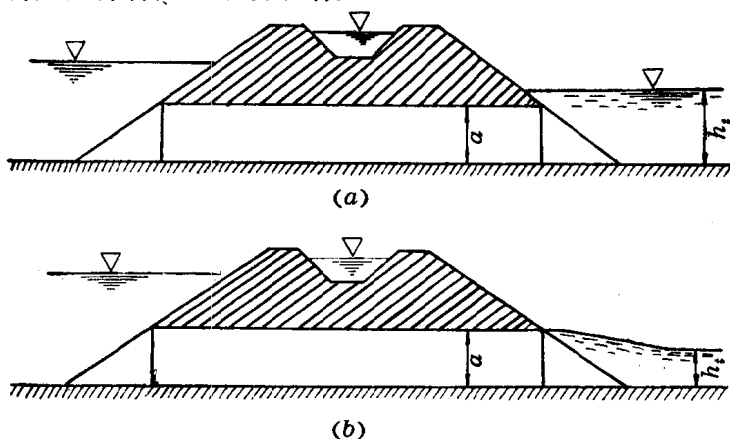


图 1-11 有压涵洞

四、洞身结构形式与材料

洞身结构形式主要有盖板涵、圆涵、拱涵和刚结点箱涵四

种。采用的主要材料为钢筋混凝土，素混凝土和浆砌石。

(一) 盖板式涵洞

盖板式涵洞(图1-12)由洞底、两侧边墙及顶部盖板组成。两侧边墙与洞底可做成整体式[图1-12(a)]、也可做成分离式[图1-12(b)]，当洞内流速不大时也可不做洞底，仅采用简单护砌[图1-12(c)]。

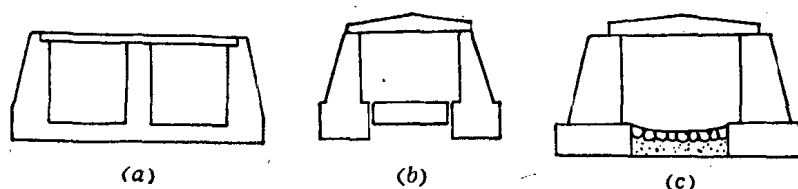


图 1-12 盖板涵洞

(a)正体基础盖板涵；(b)分离基础盖板涵；(c)护底盖板涵

盖板涵的洞底、边墙多采用浆砌石或素混凝土建造。盖板则多采用钢筋混凝土板。当跨径较小时，在盛产料石地区也可采用石盖板。

(二) 圆 涵 洞

圆涵多采用钢筋混凝土预制管，目前我国采用的标准直径主要有0.75米，1.00米，1.25米，1.50米，1.75米，2.00米几种。管径一般不超过2米。钢筋混凝土圆涵可根据基础情况选择采用有底座基础[图1-13(a)]或直接放在地基上[图1-13(b)]。

当涵洞直径很小时，也可采用混凝土制做的圆涵，但直径不宜超过1米。

福建省最近几年修建了不少石砌圆涵[图1-13(c)]，最大直径可达5米。管壁厚度一般为0.5米。

四铰圆涵[图1-13(d)]也是圆形涵洞的一种，多用钢筋混凝土或素混凝土建造。

(三) 拱 涵 洞

拱涵可分为平拱[图1-13(a)]、半圆拱[图1-14(b)]及高升拱[图1-14(c)]。灌排渠系中的拱涵多为平拱或半圆拱。高升拱