

椭圆锥坡

叶鸿瀛 编

人民交通出版社

椭圆锥坡

叶鸿瀛 编

人民交通出版社

内 容 简 介

本书阐明公路(或铁路)桥梁桥台两侧锥坡采用椭圆形的意义,并介绍椭圆形图解法,椭圆锥坡施工放样方法,锥坡结构类型,砌筑工艺,以及正形和扇形的椭圆锥坡各部分——椭圆周、面积、侧面积、椭圆锥体和椭圆台铺砌层厚度的体积等数量计算法,举例对各算式进行计算比较。

本书可供桥涵施工、设计人员、工段长和有关专业的技术人员学习参考。

椭 圆 锥 坡

叶鸿瀛 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 4.125 字数: 91千

1981年2月 第1版

1981年2月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—3,600册 定价: 0.48元

前 言

建国以来，我们不但修建了大量的桥梁涵洞，也修建了不少桥头涵端的椭圆锥坡。本书将以前修建的许多椭圆形锥坡的绘制、放样、施工以及各部数量的计算方法，加以总结。

本书作者应用椭圆理论，在实践的过程中，初步摸索出锥坡椭圆放样的几个设置方法，解决了锥坡砌筑以及锥坡各部数量计算等问题。

为了使这些经验对我国的建设事业能有所裨益，我觉得有必要把它编写出来。但由于个人的水平有限，错误在所难免，尚祈读者批评指正。

在本书的编写过程中，承蒙各地公路部门以及各有关工程队等生产单位的技术人员，为初稿提供了许多宝贵的意见，在此表示感谢。

目 录

前 言

第一章 椭圆锥坡概述.....	1
第一节 椭圆锥坡的涵义.....	1
第二节 桥涵进出口导流物采用椭圆锥坡的 原因.....	2
第三节 椭圆锥坡在各式桥梁桥头的效用.....	4
第四节 椭圆锥坡坡度值的采用.....	8
第二章 锥坡底面椭圆的绘制法.....	15
第一节 以两同心圆绘制椭圆的方法.....	15
第二节 固定两焦点绘制椭圆的方法.....	16
第三节 以椭圆规绘制椭圆的方法.....	17
第四节 以两焦点作圆心, 分别绘各同心圆相互 交叉, 连接各交点绘制椭圆的方法.....	18
第五节 以直尺沿纵横坐标轴移动, 用尺上 划定的长短半径分点轨迹绘制 椭圆的方法.....	20
第六节 按共轭半径放射线绘制椭圆的方法.....	21
第三章 锥坡椭圆施工放样.....	22
第一节 用坐标量距法进行椭圆形曲线放样.....	24
第二节 定出椭圆周上一个固定点以测定椭圆 曲线.....	31
第三节 测偏角量距离定椭圆弧.....	37

第四节	用椭圆动径与主长轴夹成的圆心角测定 椭圆弧.....	42
第五节	正斜椭圆锥坡的关连与锥坡斜椭圆的 放样.....	48
第四章	椭圆锥坡砌筑.....	55
第一节	锥坡基础的砌筑.....	57
第二节	锥坡面铺砌石料放样挂线.....	62
第三节	锥坡坡面铺砌加固.....	65
第五章	椭圆锥坡各部分数量计算式.....	78
第一节	椭圆锥坡坡脚周长的算式.....	80
第二节	锥坡椭圆形底面积的算式.....	85
第三节	椭圆锥体斜坡表面积的算式.....	88
第四节	椭圆锥坡实心体积的算式.....	90
第五节	椭圆锥体坡面石料铺砌层体积的计算.....	90
第六节	斜桥椭圆锥坡各部数量的计算.....	98
第六章	算式的应用和比较.....	99
算 例		100
第一节	正形椭圆锥坡的计算.....	100
第二节	扇形椭圆锥坡的计算.....	110

第一章 椭圆锥坡概述

第一节 椭圆锥坡的函义

公路和铁路通过江河沟渠，一般都得修建桥梁、涵洞或管涵。在管涵和涵洞进出口、端墙的两边（见图 1-1-1）与桥梁桥台的两侧（见图 1-1-2），为了与路基连接和使流水通畅，通常修建阻流最小的导流结构物。

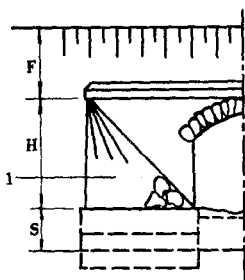


图1-1-1 涵洞进出口翼墙
1-锥坡；F-洞顶填高；S-翼墙基础厚度

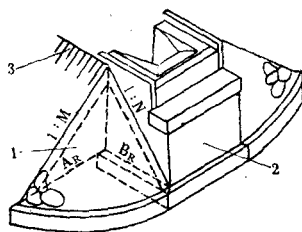


图1-1-2 桥台两侧锥坡
1-锥坡；2-桥台；3-路堤

导流结构物的外形，同圆锥体相似。其底面曲线外形与用一个平面，斜着截开一个圆柱体或正圆锥体时出现的椭圆形截口一样。锥体侧面的许多坡度线 l 并不是等长的。其一端聚于一个公共顶点，而另一端（底脚）则与椭圆周上相对的点相连，所以称之为椭圆锥坡，亦称为椭圆锥体（形）溜（护）坡。从锥坡顶点到底面的垂直距离 H ，叫做锥坡的

高。由于锥坡在跨路基方向连接路堤边坡的坡度，与垂直于流水方向的坡度采用不同的比值，所以两坡度在底平面上的投影线就长短不一。正形的互相垂直，在直角坐标轴上，构成椭圆的长短两半径 A_R 和 B_R 。当坡度比值固定时，它的数值随着椭圆锥体高度的不同而变异。

第二节 桥涵进出口导流物采用 椭圆锥坡的原因

桥涵的进出口上下游一般均设置导流物。上游导流物的作用，是促使水流的良好收缩，与引导水流平顺而均匀地流进桥涵内，并保护岸坡免遭水流冲刷。下游导流物的作用，是引导水流逐渐均匀扩散而流向下流，不致产生回流、漩涡或横流，以免冲击岸坡。

导流物结构的形式，在涵管洞口有：门式、走廊式、领圈式、八字式等。但从水力学的观点看来，能迅速宣泄水流、符合水流天然状况并与客观情况相适应的最有利的形式，是洞口的八字翼墙在平面上有流线型的式样。也就是说，洞口直线八字翼墙，最好具有曲线型。曲线的一端与洞壁连接，而另一端则与平行于路中线的 $P-P_1$ 线相切，如图 1-2-1 所示。

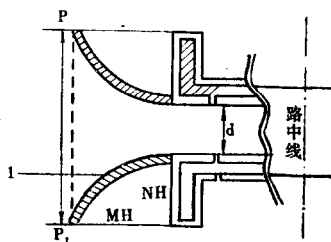


图 1-2-1 流线型洞口平剖图
1-翼墙

这样的曲线，符合于流线型。它的尺寸，当墙的高度为 H 时，在平面上切线与洞口端墙的距离为 MH ；切点距洞壁的长度为 NH 。 M 和 N 表示不同的斜坡度。根据水流进孔

的速度和进出口位置的不同，洞口建筑各部尺寸如下：

在进口处：

1. 当流至涵管的水流速度不大时：

$$MH = 0.50d; NH = 0.25d$$

2. 当流至涵管的水流速度为中等的或很大时：

$$MH = 0.50d; NH = 0.125d$$

在出口处：

当水流的速度为任何流速时：

$$MH = 0.62d; NH = 0.125d$$

式中： d ——涵管的直径或跨径。

事实上， MH 比 NH 长，以它为长短两半径所连成的曲线，在平面上与椭圆形曲线相符。 MH 是椭圆长轴上的长半径， NH 是椭圆短轴上的短半径。图 1-2-1 是涵洞口锥体溜坡平剖图。

苏联学者 Г. П. 别列节里曾提出用椭圆形代替流线型，并建议将中轴坐标原点放在长轴的顶点上，其方程式为：

$$y = \frac{B_R}{A_R} \sqrt{x(2a - x)} \quad \text{①}$$

式中： $A_R = MH$ ； $B_R = NH = \frac{D - d}{2}$

其中： D ——洞口翼墙切点 P 与切点 P_1 间的长度（见图 1-2-1）。

同样理由，在桥位范围内，要使河滩及河床的水流、流速能够合理分布，流量能够分配均匀、顺畅而平稳地从上游通过桥孔流向下流，在桥下不产生漩涡而冲刷均匀，桥头两侧导流物最有利的形式，以采用锥体溜坡（底面为椭圆形或接近椭圆）较好。双正弦曲线与多圆心曲线，基本上都类似

① 公路涵洞，1953.7.30初版，K.X. 塔尔玛巧夫，中央公路总局译 P. 46

椭圆形。虽然，在理论上中外学者研究和实验的结果，对它的形式都有不同的见解，同时在平面上尺寸和计算方法上也有所不同，但对导流物体底面采取椭圆曲线型的意见却是一致的。大多数人主张将椭圆的长短半径的比值，固定在一个常数值上，如1:1.5（竖比横）。但M.A.拉笛盛可夫则主张在1:1.5至1:2.25的范围内变动。这样变动锥坡底面椭圆长短半径的比值，是与客观情况相适应的，也是合适的。在河滩流量少于总流量的5%时，椭圆锥坡能够起着导流堤的作用。当河滩水深不足1米，或桥下冲刷前平均流速小于1米/秒时，有了锥坡不需再修建其它调节建筑物，就能改善水流流动的条件，使进入桥孔范围的水流，顺锥坡椭圆周边流动，既不会引起漩涡，也不会发生有害的横流。

第三节 椭圆锥坡在各式桥梁 桥头的效用

公路（铁路）桥梁的桥头，采用椭圆锥坡，不但能使水流通畅与流量匀布，而且还能节省台身，保护与简化桥台构造，降低桥梁造价。

在U形桥台的两侧修建椭圆锥坡（见图1-1-2），就能使侧墙更加稳定。因为凹形桥台内填充物所产生的侧压力，为来自外面椭圆锥坡的结构物的侧压力所平衡。因此，侧墙受力情况较为有利。由于有了椭圆锥坡，侧墙后端的宽度，可比前端减窄（从前端沿路堤方向逐渐减窄），形成梯形断面，这样就节省了圬工体积。

至于其他形式的圬工桥台，如“T”形的钢筋混凝土桥台，

① “工程建设”，1957.7总88期，王知刚——桥梁调治构造物的型式选择与计算。

“L”形扶壁式的薄墙桥台，“T”形和“I”形以及矩形圬工桥台等，都需要修建椭圆锥坡，使桥头引道路基能与桥梁结构更好地互相衔接，保证安全通车。

在下述几种类型的桥梁桥头结构中，椭圆锥坡的效用更为显著。

一、悬臂梁桥的两端

悬臂梁桥边跨的悬臂，是悬空而自由地盖过对岸并伸入路堤中。如桥头路堤正面不修建斜坡和两侧不用椭圆锥坡连接，则桥头就不稳定。由于悬臂钢筋混凝土与路面铺装的弹性不同，所以每当动荷载从桥上行驶到路面上时，往往会产生震动和附加垂直压力，从而使路堤填土松散，坍塌与沉陷。

有了椭圆锥坡（见图1-3-1），桥路就能紧密衔接，也能确保安全行车。锥坡不但能保护桥头路基填方，使之不会坍塌与遭到冲刷，而且还能起到挡水与护土的作用，加强桥梁与引道的衔接。此外，悬臂设在锥坡内，就能够缩短悬臂长度，减少桥梁总长，从而收到结构经济的效果。

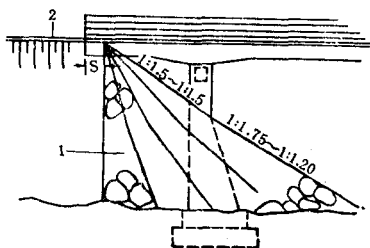


图1-3-1 悬臂梁桥锥坡
1-椭圆锥坡；2-路堤

因此，悬臂梁桥头一般均不设桥台，而以锥坡围护。这样就能节省设置桥台的费用，从而降低桥梁的总造价与减少投资。特别是在跨径愈大和桥长愈长时，采用锥坡，就能使悬臂梁桥成为与两岸衔接的最经济和最好的结构形式。

二、木梁桥的桥台

采用单排桩和挡土板修建的木梁桥，其桥头构造形式如图1-3-2所示。当路堤高度大于2米时，由于桥台高度增加，所以作用于挡土板上的土压力也随之增大，而挡板底层的半圆木（或木板）上所受的压力也就越大。在这种情况下，修建锥形溜坡式桥头来代替挡土板式的桥头就较为优越。

锥形溜坡式桥头的构造（见图1-3-2），就是在桥面底下，桩木前面砌筑斜坡，并使之与两边的椭圆锥坡相连。锥坡的最高点应砌至主梁底面以下50厘米处。在这个高度上，由桥台基桩或支柱向河心伸出修筑50厘米宽的平台，再往外就向下做成斜坡。它的斜度在桩的前面、从路基边缘至边缘

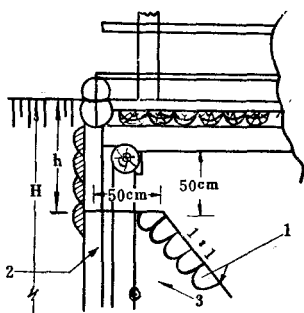


图1-3-2 锥形溜坡式桥头
1-锥坡；2-支柱；3-平台

间的中间部分为1:1；两侧从路基边缘处起，斜度逐渐转平，直至与路基边坡（1:1.5）相接为止。底边缘成椭圆弧形，它的长短半径，等于台前锥坡的坡度与路基边坡在平面上投影线的长度。

这种锥坡，全面地围护桩架桥台，巩固支柱和基桩并增加它的刚度，防护基桩不被冲刷，从而保证桥的安全。由于节省了翼墙，对高的和多孔的木桥来说，就更为经济。

对单斜撑式、双斜撑式木桥与用若干片排架并以纵向水平夹木和纵向斜撑联结而成的桥台以及高度很大、棚形宽墩台的木桥说来，修建锥形溜坡式桥头会使桥梁的结构更为有利。

三、埋置式桥台

这种桥台的结构形式，它就像一座挡土墙，挡住桥头路堤的土方。台身大部分埋置在路堤土壤中，仅露出雉墙、台帽和一部分耳墙。台身埋置的深度，有的达到台帽尺寸所能容许的程度。

在台身正前面修筑斜形锥坡，如图 1-3-3 所示。在台身两侧修筑椭圆锥坡，它与桥台前墙后面的微斜耳墙，以及路堤的边坡相互紧密衔接，围护着整个台身。这样就使桥台不致遭到局部冲刷，并使得台前的锥坡与来自桥跨一面，也就是处于桥面下、作用于台前身的那部分护坡的土压力相平衡，从而加强埋置式桥台的稳定性。

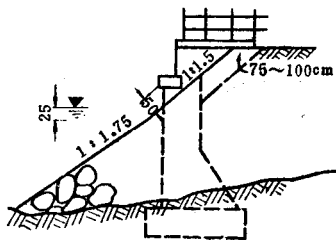


图1-3-3 埋置式桥台锥坡

埋置式桥台的建筑高度，可达 8 米至 20 余米。台身矩形截面，能承受台后的土压力。台身的基础，能够抗滑稳定。台身的体积，能设计得比 U 形桥台小，其主要原因在于修筑锥坡，不但使桥台结构得以简化，并能使造价大为降低。

四、桩柱式桥台

桥台一般用五根或六根钢筋混凝土矩形桩（或圆形桩，正方形桩，六角形桩），直接贯入路堤和地下土壤中，或支立在混凝土承台基础上。桩柱顶部与能支承桥孔结构的钢筋混凝土盖梁连接，从而组成一座柔性桩柱式桥台，亦称桩柱台。桩柱台桥头必须修筑锥坡式结构。在单排桩台中（见图

1-3-4)，由于桥跨结构通常不设支座，因此锥坡就能将伸入坡内的桥跨结构端部与埋置在锥坡中的整个桩柱台都紧密地围护起来，从而使上部构造与路堤构成一种最简单的衔接形式，并使车辆能平顺

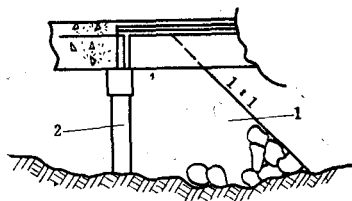


图1-3-4 单排桩台锥坡
1-锥坡；2-桩台

地从桥上过往路堤。

在台顶设有四周不容许填土的金属支座的双排桩台中（见图 1-3-5），锥坡就联合支承台上的“L”形挡土墙和台后两侧的耳墙，并将桩柱埋置起来。

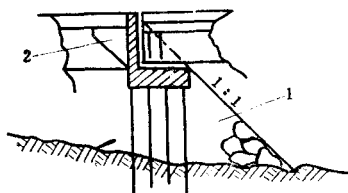


图1-3-5 双排桩台锥坡
1-锥坡；2-耳墙

桩柱台除承受桥梁边孔桥跨结构的反力外，还要承受水平力。当制动力和土压力作用于承台时，由于锥坡土壤的固结作用，就能提高桩柱台的水平刚度。同时，台前桩侧的锥形溜坡，也会从反向施加压力于桩柱，增加桩柱台的稳定性。

桩柱台由于其外围以锥坡而在桥头衔接中砌体体积小，所以能省工省料，收到工程经济的效果。

第四节 椭圆锥坡坡度值的采用

在与路中线平行方向与跨路基方向，桥头椭圆锥坡的坡度并不是一样的。根据桥台的形式、路堤填土的高度、锥体内心填料的性质、锥坡坡面加固或不加固、铺砌的类型、砌

筑使用的材料以及锥坡浸水和不浸水等情况，采用不同的坡度值。

桥台或路堤的高度愈大，锥体溜坡的坡度就要求愈平坦。

有桥台的锥体溜坡的坡度，要比无桥台而只以铺砌法加固的锥体溜坡的坡度要陡些。浸水部分的坡度，比不浸水部分的坡度要平些。水位高的、水下部分的坡度要平缓些。有加固的、铺砌材料坚硬而尺寸较大以及铺砌较好的，坡度就可陡些。防护方法简单、填料稳定性差的，坡度就要平缓些。锥坡向河心方向的斜坡，比跨路基方向的斜坡所采用的坡度要陡些。锥坡跨路基方向的坡度，应该尽可能与桥头引道路堤边坡的坡度相吻合，使锥坡与路基边坡连成一体。一般的土壤，坡度值采用 $1:1.5$ （竖向：水平）。高水位以下，采用 $1:1.75$ ，或 $1:2.0$ 。

路堤较高时，锥体溜坡坡度值应随路基和桥头引道按高度分层采用：最顶上一层高度 H_1 采用 $1:1.5$ ；第二层高度 H_2 采用 $1:1.75$ ；第三层高度 H_3 采用 $1:2.0$ ；第四层高度 H_4 采用 $1:2.25$ 。每层高度之最大限度，要根据土壤种类与性质而定，按照我国公路（铁路）工程设计或技术标准的规定办理。

顺路线方向的锥坡坡度，根据国外资料介绍：铺砌加固浸水的桥头锥坡，填土高度在 3 米及 3 米以下时采用 $1:1$ ，高度在 6 米以下时采用 $1:1.25$ ，高度为 6 米至 12 米时，由下部到高出设计洪水位 25 厘米处采用 $1:1.5$ ，其余一段高度，一直到 12 米都采用 $1:1.25$ 。如锥坡不加铺砌，则坡度就得相应平坦。

当桥头锥坡坡面不被淹没而用栽植草皮加固时，它的坡度在填土高度小于 6 米时为 $1:1.5$ ；6 米以上至 12 米时，如上部 6 米作成 $1:1.5$ 的坡度，则下部应作成 $1:1.75$ 的坡度。

无桥台（仅以铺砌法加固）的桥头锥坡，当其高度在6米以下时，作成1:1或1:1.25的坡度，填方高于6米而在12米以下时，作成1:1.5或1:1.75的坡度（如悬臂梁桥头，钢筋混凝土桩柱式桥台等）。旱桥桥头填土，当高度在8米以内时，可采用1:1；当高度在8米以上至12米时，则采用1:1.25。当埋置式桥台的锥坡伸入桥孔时，锥体坡面与台身前缘相交处，要求高出计算水位至少25厘米，其坡度为：

1.当锥体土坡填方较高而用一般土壤填筑时，在路肩边缘下至设计高水位加安全值处，采用1:1.5；在设计高水位加安全值以下的，采用1:1.75（如图1-3-4）。

2.当锥坡内以沙质或其他透水性强的土壤填筑，外用片石浆砌时，或当锥坡填土的高度低于4米时，在设计高水位加安全值以上的，采用1:1至1:1.25，在设计高水位加安全值以下的，采用1:1.5至1:1.75。

3.当台前锥坡全用乱石填筑而外用片石干砌时，锥体坡面的坡度可改用1:1，但桥台两侧的锥体坡面与桥台支承垫石平面的后缘距离，要等于或不少于50厘米。

两向坡度要愈平坦愈好，这样就能减少堆土滑坍面上的土体自重的滑坍分力，从而使整个土坡沿滑坍面滑动的可能性减少，并使锥坡更为稳定。由于斜坡增长会使工程量与造价增大，而且有的斜坡伸入河中有碍于流水，因此在设计和施工时，只要技术上合理、经济上节约、与建筑结构上美观，这样的锥坡就能满足需要。

我国公路上，桥头锥坡和桥台两侧椭圆锥体溜坡，在有铺砌的锥体坡面时：顺路线方向的，除按特殊设计（如挡土墙）可采用较陡的坡度外，一般在路肩边缘以下的第一个6米的高度内，以采用1:1的坡度比较合适。在6米至12米的高度内，采用1:1.25，再往下采用1:1.5。跨路基方向的

坡度，相应地采用 $1:1.5$ 、 $1:1.75$ 和 $1:2.0$ 。

一、椭圆锥坡顶点的位置

锥坡顶点应与路基边缘标高齐平。它的位置与桥台侧墙后端究竟保持多少距离，要由以下情况决定：桥头有无桥台，有桥台的，要由它的桥头结构形式、桥台和上部构造的端部直接伸入路堤范围的深浅程度、椭圆锥坡内填料的性质、以及锥坡坡面护砌的方法等因素来决定距离的长短。当然这也和设计桥台侧墙的长度有关。一般说来，锥坡顶点的位置，要能防护填土不使松坍，并能保证锥坡在自然沉陷后，不致露出墙角的为最好。

U形桥台侧墙后端及悬臂桥悬臂端，必须伸进填土（锥坡顶点）至少0.75米。也就是说，锥坡顶点与桥台侧墙尾端之间距不能太短。否则在锥坡浸水后，坡面沉落就会造成桥台侧墙的后端外露，从而破坏桥梁与路堤的紧密衔接。如果桥台不高而土壤的性质又良好与稳定，那末锥坡顶点与桥台侧墙尾端之间距可以稍短些，但也不能过长。因为太长则圪工体积就会增大，从而使造价增加。圪工结构经设计部门验算后必须增长者除外。

（一）石拱桥的桥台，绝大多数设计为U形台，但锥坡顶点与桥台侧墙尾端的距离（简称锥坡顶距），当按设计要求而定。根据过去的和现有的桥梁设计图、标准图，短的有20厘米，长的有220厘米。

如桥台不高而锥坡内的填土性质良好、在施工时分层密实夯实的情况下，锥坡顶距可以短些。在桥的跨度大、载重等级高、同样的高度而拱度较平坦的情况下，顶距就要长些。在现有公路桥梁设计图中，半圆拱桥、斜石拱桥、坡拱桥、弯石拱桥、砖石三铰拱桥，其锥坡顶距多数采用20厘米