

公路弯斜坡桥涵几何设计  
Gonglu Wanxiepo Qiaohan  
Jihe Sheji

武勇义 徐尤龙 著

人民交通出版社

涵内的斜坡桥涵的几何设计的解析法,书本和手册里没有,学校里学不到。实践中采用的图解法,不仅精度低,而且对空间问题无能为力,因此技术人员对其采取了尽量避免的态度。但一旦避免不了,就往往造成上述弊端。这是普遍存在有待解决的一个课题。

本书重点介绍作者解决这一问题的方法——公路几何解析法。本方法提出了复合复式坐标系新理论,建立了“公路几何解析”范畴(或称公路解析几何学),解决了若干算法问题。从平面和空间解析公路几何外形入手,进行桥涵的几何设计,是全面、系统地解决这一课题的一个大胆尝试。

本书共3篇14章。第1至11章为公路几何解析和桥涵几何设计;第12章为直路上斜坡桥涵几何设计;第13章为斜圆拱拱口石放样尺寸计算和斜拱弧长度计算;第14章为电算程序说明。全书长度单位除特殊标明外,其余均为m。

弯斜坡桥涵几何设计是复杂的,采用电算才有实用意义。本书以广泛采用的PC1500A袖珍机为对象,编写了电算程序,以便应用。需要者请与山西省交通规划勘察设计院(太原)联系。

本书撰稿过程中,承蒙山西省交通厅总工程师鄂俊太高级工程师、山西省交通规划勘察设计院前院长李林昌高级工程师大力支持,并得到武文兵、武红兵二同志热情帮助,仅在此表示衷心感谢!

(京)新登字091号

**公路弯斜坡桥涵几何设计**

武勇义 徐尤龙 著

插图设计 汪平 正文设计 周元 责任校对 张建设

人民交通出版社出版发行

(100013北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

北京朝阳展望印刷厂印刷

开本: 787×1092  $\frac{1}{32}$  印张: 8.375 插页: 1 字数: 180千

1992年3月 第1版

1992年3月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2600册 定价: 9.00元

ISBN7-114-01140-7

U·00746

## 内 容 提 要

本书从解析公路几何外形入手，介绍公路弯斜坡桥涵的尺寸、标高、施工布置数据等的计算方法，斜圆拱拱口石放样数据计算方法等，并附有电算程序和计算用表。可供从事道路、桥梁设计、施工、教学人员应用或参考。

## 前 言

弯、斜、坡概念，对于桥梁，可以是三种桥型，也可以是任意两个或三个同属于一座桥梁。对于涵洞，除弯、坡可理解为弯路、坡路上的涵洞外，其余与桥梁同。本书弯斜坡桥涵，包括这几种含义的桥涵以及正桥、正涵。

公路弯斜坡桥涵几何设计，是指受桥涵内公路几何形状制约部分的各类桥涵的几何量(尺寸、标高、布置数据等)计算。

《公路工程技术标准》(JTJ01—88)指出：“汽车专用公路上的各类桥涵和一般公路上的小桥与涵洞的线形及其与公路的衔接应符合路线布设的规定”。“一般公路上的特大桥、大、中桥桥位，原则上应服从路线走向，桥、路综合考虑，尽量选择河道顺直、水流稳定、地质良好的河段上。当桥上线形为曲线时，其各项技术指标应符合路线布设的规定”。

然而不符合线形制约的桥涵在公路上是屡见不鲜的。它们的某些部位或高或矮、或长或短，既影响桥容、路容和使用质量，又造成投资浪费。即使进行修理，也很难恢复线形应有的形状。人们形象地称之为“新衣服上打补丁”，这是技术人员人所共知的。

应当指出，这些弊端中的大部分，是几何设计中存在的问题。

弯路上的桥涵，尤其是“直缓”、“缓圆”、竖曲线等位于桥

# 目 录

## 第一篇 公路几何解析

<b>第一章 概论</b> .....	( 1 )
第一节 基本概念.....	( 1 )
第二节 复式坐标系.....	( 4 )
<b>第二章 基本公式</b> .....	( 10 )
第一节 路线公式.....	( 10 )
第二节 单系公式.....	( 15 )
第三节 复系公式.....	( 24 )
<b>第三章 坐标、参数变换</b> .....	( 28 )
第一节 单系子坐标变换.....	( 28 )
第二节 复系内部变换.....	( 34 )
<b>第四章 平面解析</b> .....	( 42 )
第一节 路缘(中)线的点的坐标.....	( 42 )
第二节 路缘(中)线的切线斜率和法线斜率.....	( 44 )
第三节 路缘线弧长.....	( 46 )
第四节 路缘线已知弧的端点坐标.....	( 48 )
第五节 任意直线的方程常数.....	( 50 )
第六节 任意直线与路缘(中)线交点的坐标.....	( 51 )
第七节 直线的截距.....	( 52 )
<b>第五章 空间解析</b> .....	( 53 )

第一节	公路断面和断面坐标系	( 53 )
第二节	路面路肩标高方程	( 55 )
第三节	边坡标高方程	( 58 )
第四节	河床标高方程	( 60 )
第五节	垂线截距和“0”截距坐标	( 63 )

## 第二篇 桥梁几何设计及施工计算

<b>第六章</b>	<b>概论</b>	( 67 )
第一节	基本概念	( 67 )
第二节	基本计算	( 79 )
<b>第七章</b>	<b>上部构造布置设计</b>	( 86 )
第一节	主梁(拱)布置设计	( 86 )
第二节	人行道梁布置设计	( 94 )
<b>第八章</b>	<b>墩台几何设计</b>	( 102 )
第一节	桥台设计	( 102 )
第二节	桥墩设计	( 109 )
<b>第九章</b>	<b>八字墙、锥坡设计</b>	( 116 )
第一节	八字墙设计	( 116 )
第二节	锥坡设计	( 122 )
第三节	斜锥坡短棱最小坡率计算	( 127 )
<b>第十章</b>	<b>施工计算</b>	( 132 )
第一节	U型桥台侧墙放线数据计算	( 133 )
第二节	桥面控制标高计算	( 136 )
第三节	三角垫层台阶计算	( 138 )

### 第三篇 涵洞几何设计及其它

<b>第十一章</b>	<b>涵洞几何设计</b> ·····	(149)
第一节	概论·····	(149)
第二节	斜身正口涵设计·····	(156)
第三节	斜身斜口涵·····	(166)
<b>第十二章</b>	<b>直路上斜坡桥涵几何设计</b> ·····	(174)
第一节	路堤及河床平行面几何解析·····	(175)
第二节	涵洞洞身设计·····	(179)
第三节	桥涵八字墙设计·····	(188)
<b>第十三章</b>	<b>斜圆拱几何计算</b> ·····	(192)
第一节	拱口石放样尺寸计算·····	(192)
第二节	斜圆拱拱弧长度计算·····	(202)
<b>第十四章</b>	<b>PC1500A机电算程序说明</b> ·····	(207)
第一节	弯斜坡桥梁几何设计、施工计算及公路几何解析程序·····	(207)
第二节	弯斜坡涵洞几何设计及公路几何解析程序·····	(223)
第三节	斜圆拱拱口石放样尺寸计算程序·····	(233)
第四节	弯斜坡桥涵电算例题·····	(235)
<b>附录</b>	<b>拱涵数据表</b> ·····	(248)



# 第一篇 公路几何解析

## 第一章 概 论

为了解决公路弯斜坡桥涵几何设计的计算问题，我们用解析几何方法对公路几何形状的解析进行了研究，建立了若干新概念，解决了若干算法问题，推导了若干公式，概括称之为“公路几何解析”，这即为本篇内容。

本篇内容，不仅可在桥涵几何设计中应用，而且在受公路外形限制的一切领域，如其它公路构造物中也可应用。

### 第一节 基本概念

#### 1. 基本路堤的几何性质

单纯的直线、缓和段、圆曲线三种路堤，称为基本路堤，见图1-1。它们的几何性质如下：

1) 直线路堤：中线为直线，路基宽度不变，路面、路肩、边坡的表面，均为带横坡的面。当有纵坡时，它们为带双向坡的面，当设竖曲线时，它们的一部分变为倾斜的曲面。

2) 缓和段路堤：分为缓和曲线路堤和缓和切线路堤两种。

缓和曲线路堤的中线为缓和曲线，内侧路基宽为线性变量，外侧路基宽为常数，内外侧边坡为曲锥面，路基顶面为

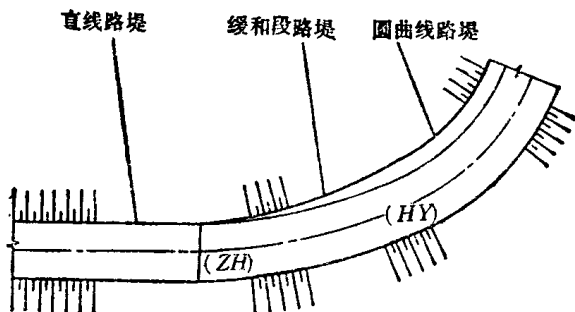


图1-1 基本路堤平面图

平面、扭面等拼合成的面。当设竖曲线时，形成较复杂的面。

缓和切线路堤是几何性质介于直线与缓和曲线之间的路堤。

3) 圆曲线路堤：中线为圆曲线，内测设加宽，顶部设超高，内外侧路基宽度一般不等，内外侧边坡和路基顶面均为圆锥面。当设纵坡时，它们变为螺旋锥面；当设竖曲线时，它们的全部或部分变为较复杂的面。

## 2. 路堤组合的类型

由几段基本路堤连接而成的路堤段，称为路堤组合。它可按路中线形状分为若干个类型。我们按桥涵计算的需要，采用以下四种类型(图1-2)。

I型：中线为直线、缓和段、圆曲线顺序连成的线。

II型：中线为缓和段、圆曲线(长 $\geq 0$ )、缓和段顺序连成的同向曲线。

III型：中线为圆曲线、缓和段(长 $\geq 0$ )、圆曲线连成的同向曲线。

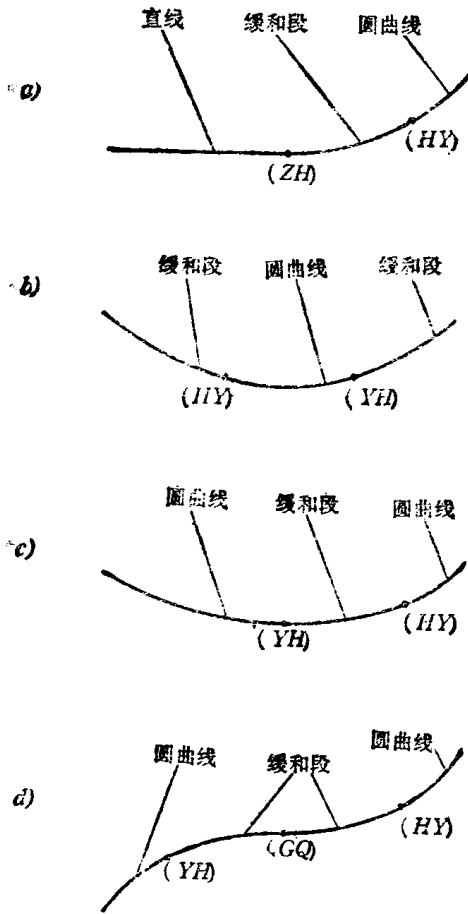


图1-2 路堤组合示意图  
 a) I型; b) II型; c) III型; d) IV型

IV型：中线为圆曲线、缓和段、缓和段、圆曲线顺序连接的反向曲线。

II、III型路堤组合，实际上各包括两种类型：II型当圆曲线长等于“0”时，变为两个缓和段径向连接的同向曲线。III型当缓和段长等于“0”时，变为两个圆曲线迳向连接的同向曲线(复曲线)。

各型路堤组合还具有以下共性：缓和段可为缓和曲线或缓和切线；超高转轴可为边轴或中轴；纵断面可为单一纵坡或连续的两个纵坡(设一个竖曲线)；曲线上可设超高，也可设路拱；路基标高可以路基边缘为准或以中线为准。它们都是本篇解析的对象。

### 3. 河床平行面

设计的河槽底面的斜平面，称为河床面。与它平行的面称为河床平行面。

河床面是河床平行面的一个特例，它是高差等于“0”的河床平行面。

桥涵把河床平行面与路堤组合有机地联系在一起，因此，它也成为本篇解析的对象。

## 第二节 复式坐标系

复式坐标系是本书采用的主要坐标系。

### 1. 基本概念

复式坐标系由直角坐标系和路线坐标系构成，后二者相对称为子坐标系。

直角子坐标系，采用笛卡尔坐标系，其结构不予赘述。

路线子坐标系，是本书创立的为路堤组合所特有的新型坐标系，它由原点 $O$ 、中轴 $L$ 、横轴 $F$ 和竖轴 $Z$ 组成。 $O$ 和 $L$ 、 $F$ 在同一平面内。 $L$ 是任一路堤组合的中线，原点是 $L$ 上

被指定的适宜的点， $F$ 是原点上 $L$ 轴的法线， $Z$ 轴是原点上 $O$ 、 $L$ 、 $F$ 所在平面的法线。

各型路堤组合的路线子坐标系，除 $L$ 轴外，其余相同。以下以 $I$ 型路堤组合的路线子坐标系（图1-3）为例进行说明。

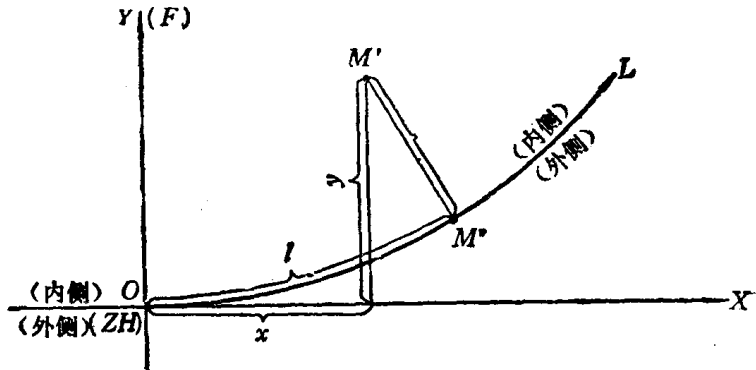


图1-3  $I$ 型路堤组合的平面复式坐标系

$I$ 型路堤组合的中线为 $L$ 轴，原点 $O$ 指定为 $L$ 轴上的“直缓”点( $ZH$ )， $F$ 轴为“ $ZH$ ”点的法线， $Z$ 轴为原点上 $O$ 、 $L$ 、 $F$ 所在平面的法线。

$O$ 、 $L$ 、 $F$ 所在的平面称为 $LOF$ 坐标面(标高基准面)，类似地有 $LOZ$ 坐标面和 $FOZ$ 坐标面。其中 $LOZ$ 为平面和单向曲面组成的面，其它二者均为单一的平面。

各坐标轴的箭头( $Z$ 轴箭头位于上端指向上方)均指正方向。以原点为界，各轴按其半轴所在方向分为正半轴和负半轴；以中轴为界，横轴正半轴一方的区域称为内侧，负半轴一方的区域称为外侧。

坐标系内任意点 $M$ 在 $LOF$ 坐标面上的投影 $M'$ 称为第一投影。在 $LOF$ 坐标面内，通过第一投影 $M'$ 的 $L$ 轴的法线与

$L$  轴的交点  $M''$  称为点  $M$  的第二投影。任意点与其第一投影的距离称为  $Z$  轴(或竖轴)坐标, 以  $z$  表示, 其在  $LOF$  坐标面上方为“+”, 下方为“-”。点的第一、二投影的距离称为  $F$  轴(或横轴)坐标, 以  $f$  表示, 内侧为“+”, 外侧为“-”。点的第二投影与原点间的  $L$  轴长称为  $L$  轴(或中轴)坐标, 以  $l$  表示, 在正半轴为“+”, 负半轴为“-”。 $l$ 、 $f$ 、 $z$  总称为路线坐标。

复式坐标系中, 两个子坐标系的结合方式是: 原点相重合,  $Y$  轴和  $F$  轴相重合, 两个  $Z$  轴相重合,  $XOY$  面和  $LOF$  面相重合,  $YOZ$  面和  $FOZ$  面相重合。

复式坐标系的原点以  $O$  表示, 重合的  $F$ 、 $Y$  轴以  $Y$  表示, 重合的  $Z$  轴以  $Z$  表示, 其余仍以  $L$ 、 $X$  表示。由于重合的缘故, 复式坐标系形式上只有  $X$ 、 $Y$ 、 $L$ 、 $Z$  四个轴。

四轴俱全的复式坐标系为空间复式坐标系, 没有  $Z$  轴只有其它三轴者为平面复式坐标系。它们的子坐标系, 分别称为空间直角子坐标系、空间路线子坐标系、平面直角子坐标系和平面路线子坐标系。

平面路线坐标系中的点, 等同于空间路线坐标系的点的第一投影, 它只有  $l$ 、 $f$  两个坐标。

在应用范围内, 空间和平面的复式坐标系中的任意点, 可由坐标  $l$ 、 $f$ 、 $z$  或  $l$ 、 $f$  确定, 也可由坐标  $x$ 、 $y$ 、 $z$  或  $x$ 、 $y$  确定。

## 2. 复式坐标系的类型

复式坐标系与路堤组合相对应, 分为四个类型, 它们的  $L$  轴位置和  $L$  轴原点的位置规定如下:

I 型: 它的  $L$  轴为 I 型路堤组合的中线,  $L$  轴原点为“直

缓”(ZH)点，L轴左方与X轴重合，右方位于X轴上方〔图1-4a〕。

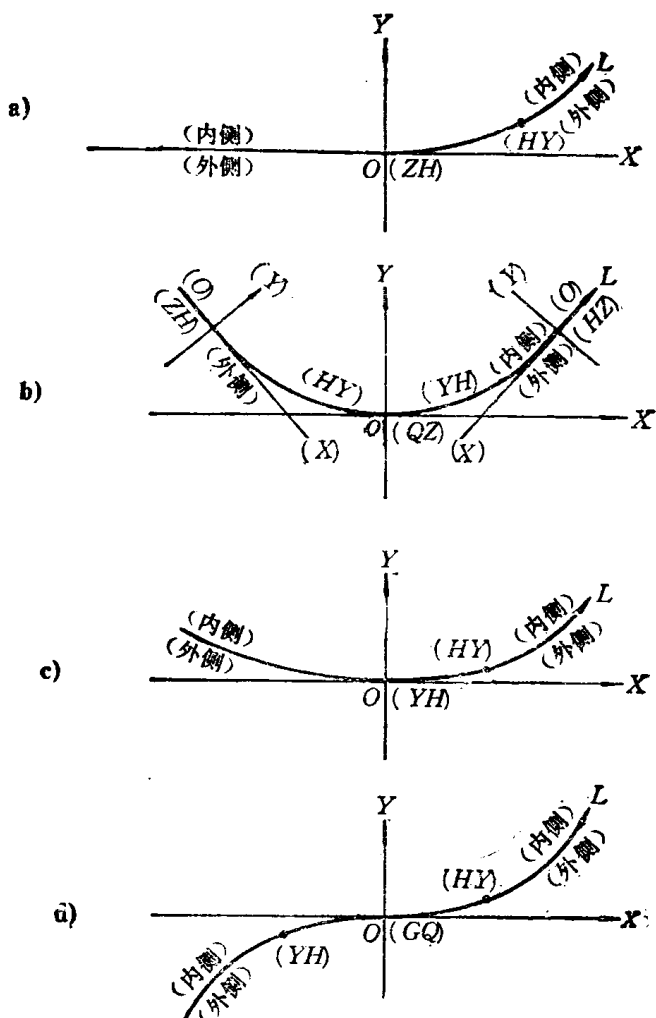


图1-4 复合复式坐标系图

a) I型; b) II型; c) III型; d) IV型

II型：它的  $L$  轴为II型路堤组合的中线(其中圆曲线长 $\geq 0$ )，位于  $X$  轴的上方， $L$  轴原点为“曲中”(QZ)点，曲中的  $L$  轴的法线与  $Y$  轴相重合〔图1-4b〕。

III型：它的  $L$  轴为III型路堤组合的中线(其中缓和段长可 $\geq 0$ )，位于  $X$  轴的上方。 $L$  轴原点为左方圆曲线的“圆缓”(YH)点，该点  $L$  轴法线与  $Y$  轴重合〔图1-4c〕。

IV型：它的  $L$  轴为IV型路堤组合的中线，负半轴位于  $X$  轴下方，正半轴位于  $X$  轴上方， $L$  轴原点为“公切”(GQ)点，该点的  $L$  轴法线与  $Y$  轴重合〔图1-4d〕。

### 3. 等值坐标系

将 I 型复式坐标系放在另一个直角坐标系的第1象限中，将另一个 I 型复式坐标系以  $Y$  轴为轴转  $180^\circ$ ，再将  $Z$  轴箭头移到上端，然后放在第 2 象限中，我们分别称它们为第一、第二象限坐标系，类似地还可形成第三、四象限坐标系(图1-5)。它们的  $Z$  轴箭头均在上端，指向上方。

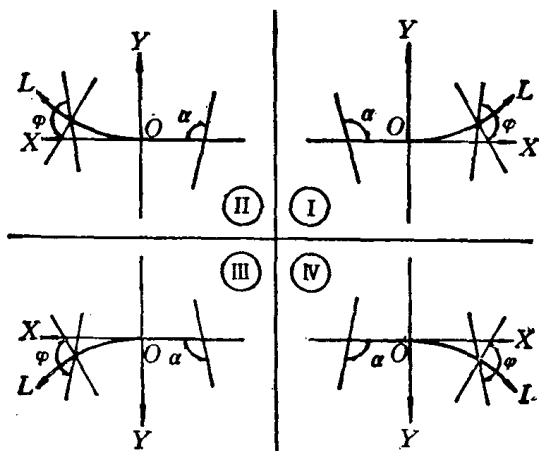


图1-5 I型复系及其等值复系图



这四个坐标系的特点是对称点的坐标相等，故称它们为等值复式坐标系。并称第一象限坐标系为基本坐标系，其余为它的等值坐标系。

II~IV型复式坐标系，都可按上法产生自己的等值坐标系。

有了等值坐标系，就能适应桥涵内路线弯向不同的需要。

等值坐标系中，任意直线与坐标轴的夹角同样是对称相等的，但是夹角的方位是不完全相同的。其规律是：1、3象限坐标系的对应夹角的方位相同，2、4象限与1、3象限相反。例如，对于1、3象限，定义任意直线与X轴的夹角为二者交点的右上方夹角 $\alpha$ ，而对于2、4象限应是左上方夹角 $\alpha$ 。再如，对于1、3象限，定义任意直线与L轴法线的夹角 $\varphi$ 的方向为L轴右前方，而对于2、4象限是左前方(图1-5)。这是要注意的。

#### 4. 单系与复系

复式坐标系的四个类型不可能各搞一套计算公式，它们的坐标计算都是通过参数变换、坐标变换等方法，在设置于其内的所谓的单一复式坐标系(简称“单系”)中进行的。从这个意义上，I~IV型复式坐标系。相对称之为复合复式坐标系(简称“复系”)。

单系是对L轴作了特别规定的I型复系。

单系的L轴与I型复系的L轴外形相同(图1-4a)。不同的是当缓和段为缓和曲线时，缓和曲线起点的曲率半径，单系有无穷大和任意正数两种，I型复系只有无穷大一种。

单系也有自己的等值坐标系(见图1-5)。

为了避免混乱，除指明外，后文中的单系和复系均指基